

TUGAS AKHIR I
(TL 1701)

5129 / MS / H / 93 ✓

PERPUSTAKAAN	
I T	
Tgl. Terima	20 NOV 1992
Terima Dari	
No. Agenda	373 / TA

**SEBUAH PENELITIAN LABORATORIUM
DAN PERBANDINGAN TEORI
TENTANG
BEBERAPA CARA PERHITUNGAN GAYA HORIZONTAL
TERHADAP PIPA TEGAK OLEH PENGARUH ARUS DAN GELOMBANG**

OLEH :

SUGENG RIYONO

NRP : 4834300023

R516
620.112 92
Riy
S-1
1988



**PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**



**MILIK PERPUSTAKAAN
INSTITUT TEKNOLOGI
SEPULUH - NOPEMBER**



SURABAYA, 9 JANUARI 1988

PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, PTK-ITS

MENGETAHUI DAN MENYETUJUI,

DOSEN PEMBIMBING


IR. ARIEF SUROSO MSc.



JAN '88

DI LAUT,
BELUM PERNAH AKU MENAPAKKAN ANGAN,
JUGA USAHA.

TETAPI PENGETAHUANKU ATAS LAUT,
DIA HANYALAH SATU TANDA KASIH-NYA,
DEMI KESEJAHTERAAN " INSAH ".

KINI 'KAN KUCOBA MENGHEMPAS NAPAS,
MENETESKAN KERINGAT DI SANA.

SEMOGA JALINAN INI,
SELALU MUTUALISME, HINGGA ...

Untukmu, . . .
yang mencintai lautan

ABSTRAKS

PERHITUNGAN GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK OLEH KERJA ARUS DAN GELOMBANG, SECARA TEORI DAPAT DILAKUKAN DENGAN CARA SIMULTAN YAITU BESARNYA PARTIKEL FLUIDA PADA GAYA DRAG ADALAH MERUPAKAN PENJUMLAHAN ALJABAR ANTARA KECEPATAN ARUS DAN KECEPATAN PARTIKEL AKIBAT GELOMBANG. PERHITUNGAN SECARA PERCOBAAN YANG SEKALI GUS DIGUNAKAN SEBAGAI PENGUJI PERHITUNGAN TEORI, DAPAT DILAKUKAN DI LABORATORIUM. PELAKSANAAN PERCOBAANNYA SENDIRI, DAPAT DILAKUKAN DENGAN DUA CARA YAITU OLEH KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA PARSIAL BARU KEMUDIAN HASILNYA DIJUMLAHKAN DAN YANG KEDUA IALAH DILAKUKAN SECARA SEREMPAK. KEGIATAN PEMBANDINGAN INI ADALAH PENTING, KARENA DARI SINILAH KHASANAH PERHITUNGAN SECARA TEORI KITA AKAN BERTAMBAH, YANG HAL INI PADA SAATNYA NANTI AKAN SANGAT BERMANFAAT TERUTAMA UNTUK MELAKUKAN DESIGN TERHADAP BANGUNAN TEKNIK YANG BERINVESTASI DAN BERRESIKO TINGGI SEMISAL OFFSHORE-PLATFORM. ATAU BANGUNAN LEPAS PANTAI YANG LAIN.

KATA PENGANTAR

Sesungguhnya segala puji hanyalah bagi ALLAH SWT, yang dengan penuh kasih telah memberikan pengajaran kepada manusia. Demikian, dan hanya dengan kehendak untuk mengikuti bimbingan-NYA pula, maka Tugas-akhir I pada jurusan Teknik Lautan tercinta ini, penulis susun.

Atas selesainya penelitian dan penyusunan, pada kesempatan yang sangat berharga ini, penulis menghaturkan terima-kasih kepada yang terhormat, :

- Bapak Ir. Soegiono, selaku Dekan dan Ketua Jurusan Program Studi Teknik Lautan, FTK-ITS.
- Bapak Ir. Arief Suroso, yang dengan bijak telah banyak memberikan bimbingan dan pengarahan.
- Dosen pengasuh, yang penulis rasakan telah banyak berjuang demi kemajuan Jurusan dan Fakultas.
- Dewan Konsorsium Pendidikan Pertamina-KPS, yang telah banyak memberikan perhatian, membangkitkan semangat dan juga beasiswa penunjang biaya penyelesaian studi.
- Segenap Staf Dosen/ Ahli laboratorium, Karyawan administrasi dan juga Staf ruang baca FTK-ITS.
- Dan salam kompak buat generasi pertama Jur. Tehk. Lautan juga rekan-rekan sepadhepokan Gebang Lor 82.

Sebagai kata penutup, harapan penulis semoga buah karya yang kecil ini, dapat membuahkan manfaat.

SURABAYA, PENGHUJUNG TAHUN 1987

WASSALAM PENULIS, SUGENG RIYONO

- HALAMAN PENGESAHAN	
- HALAMAN PERSEMBAHAN	
- KATA PENGANTAR	
- ABSTRAKS	
- DAFTAR PEMAKAIAN NOTASI	
- DAFTAR ISI	HAL.
- BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar belakang masalah	1.
1.2 Model pengujian	2.
1.3 Langkah pengujian	3.
1.4 Penilaian penelitian	3.
1.5 Sasaran penelitian	4.
1.6 Batasan masalah	5.
- BAB II TUJUAN PENELITIAN	
- BAB III LINTASAN PUSTAKA	
3.1 Simulasi keadaan model	7.
3.2 Penurunan teori gaya horisontal	8.
3.2.1 Gaya arus dan gelombang secara simul- tan	8.
3.2.2 Gaya akibat kerja gelombang	13.
3.2.3 Gaya akibat kerja arus	14.
3.3 Pemilihan koefisien	14.
3.4 Program perhitungan komputer	16.
3.5 Program least-square derajat dua	16.
- BAB IV STRATEGI PENELITIAN	
4.1 Pemilihan parameter	17.
4.1.1 Ukuran pipa	17.
4.1.2 Pemilihan karakter gelombang	18.

4.1.3	Pemilihan karakter kecepatan kereta ..	20.
4.1.4	Kondisi perairan kolam uji	20.
4.2	Kebutuhan peralatan	21.
4.2.1	Strain gauge dalam spesimen	21.
4.2.2	Pembangkit dan pengontrol gelombang .	23.
4.2.3	Pengukur tinggi gelombang	24.
4.2.4	Amplifier pembesar signal	25.
4.2.5	Pencatat grafik (strip chart recd.)	26.
4.3	Metode kalibrasi beban	27.
- BAB V	PELAKSANAAN DAN ANALISA PENELITIAN	
5.1	Pelaksanaan penelitian	29.
5.1.1	Pembuatan benda uji	29.
5.1.2	Pelaksanaan kalibrasi	30.
	A. Kalibrasi pada wave-probe	30.
	B. Kalibrasi pada pengukur gaya	32.
5.1.3	Persiapan ruang kontrol	34.
	A. Kontrol gelombang	34.
	B. Kontrol penarik kereta	35.
5.2	Analisa data	37.
5.2.1	Transfer-function	37.
5.2.2	Beban-beban gaya hasil penelitian ...	38.
5.2.3	Beban gaya hasil perhitungan teori ..	41.
5.3	Proses regresi	44.
- BAB VI	KESIMPULAN DAN TANGGAPAN	
6.1	Jawaban atas tujuan	51.
6.2	Penilaian dan tanggapan	52.
6.3	Identifikasi subyek penelitian baru .	54.

- DAFTAR REFERENSI

- DAFTAR LAMPIRAN, :

I Program perhitungan dan regresi.

II Lampiran foto-foto selama penelitian.

III Lampiran contoh hasil ' RUN ' komputer.

IV Lampiran surat keputusan tugas akhir.

DARTAR PEMAKAIAN NOTASI

- a_0 , amplitudo gelombang linear Airy.
- c , kecepatan perambatan gelombang.
- C_i, C_d , koefisien inersia dan drag daripada pipa uji.
- D , diameter pipa uji.
- d , kedalaman perairan dari kolam uji.
- $F(y, t)$, besar gaya horisontal atas fungsi letak dan fungsi waktu.
- F_D, F_I , hasil integral gaya drag dan gaya inersia.
- g , angka gravitasi dimana penelitian dilaksanakan.
- H , tinggi gelombang linear Airy.
- k , angka gelombang.
- λ , panjang gelombang.
- N_{KC} , bilangan Keulegan-Carpenter.
- R , besar hasil pangkat dua dari harga r .
- \vec{r} , vektor kecepatan selisih antara kecepatan partikel air dengan kecepatan tarik kereta.
- ρ , massa jenis air daripada kolam uji (air tawar).
- T_e , periode of encountering.
- \vec{U} , kecepatan gerak benda dalam rambatan gelombang, yang dalam persamaan (1) berlaku hanya untuk arah yang berlawanan (180°).
- \vec{u} , kecepatan tarik kereta.
- \vec{v} , kecepatan partikel gelombang.
- W , frekwensi sudut daripada gelombang.
- W_e , frekwensi sudut of encountering.
- y, y_1, y_2 , ketinggian titik pengamatan, batas atas dan batas bawah integral.

ν , angka kekentalan kinematis.

ϕ , potensial kecepatan daripada gerakan gelombang.

θ , besar slope gelombang.

$\eta(x)$, besarnya dispersemen kearah sumbu tegak yang merupakan fungsi daripada jarak horisontal x .

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang masalah.

Perhitungan rencana pembebanan yang cukup teliti, sangatlah dibutuhkan terutama di dalam dunia rancang-bangun yang penuh dengan resiko dan memerlukan investasi tinggi.

Hal yang demikian diupayakan karena dengan mengetahui secara cukup teliti terhadap beban yang mungkin terjadi, maka pada tahap berikutnya akan dapat ditentukan berbagai dimensi serta karakter dari bahan konstruksi yang cukup menghemat dengan tanpa mengabaikan kekuatan dan rencana umur bangunan.

Salah satu contoh dari bangunan tersebut di atas ialah jacket offshore structure atau berbagai jenis bangunan lepas pantai lainnya.

Bangunan tersebut pada konstruksi bawah airnya sangat banyak disusun atas pipa-pipa yang cukup bervariasi baik dimensi maupun posisinya.

Dalam masalah ini, beban-beban yang mengenainya antara lain ialah beban gelombang dan beban karena arus.

Distribusi dari beban karena gelombang dan arus air laut ini adalah bervariasi sesuai dengan lokasi serta keadaan musim di mana bangunan tersebut berada.

Dengan terdapatnya fasilitas ' Laboratorium Hidrodinamika ' yang cukup modern di Fakultas Teknologi Kelautan ITS demikian juga dengan diberikannya kesempatan kerja kepada penulis, adalah merupakan satu peluang yang sangat berharga untuk dapat ikut memberikan andil dalam penelitian, pengujian dan pemikiran terhadap teori-teori tentang hubungan antara beban karena gelombang dan arus. Teori yang hendak diuji dalam hubungan ini yang terutama ialah teori Morison yang telah dikembangkan lebih lanjut yaitu teori tentang pergerakan pipa atau struktur di dalam perairan bergelombang , yang secara layak penulis paparkan pada bab III.

1.2 Model pengujian.

Pengujian terhadap masalah ini, penulis lakukan dengan jalan menarik sebatang pipa tegak sebagai spesimen uji pada tangki percobaan yang permukaan perairannya telah dibuat bergelombang dengan suatu karakter tertentu. Dengan demikian maka secara sintesa akan didapatkan beban arus dan gelombang secara simultan. Untuk meraih hasil penelitian yang cukup valid, dalam pelaksanaannya telah penulis upayakan suatu strategi pemilihan beberapa parameter baik pada kecepatan tarik maupun karakter dari gelombang sinusoidal yang dipakai. Hal yang menyangkut pemilihan variabel tersebut, secara layak dapat dibaca pada bab IV. Serta pada bab IV pula selanjutnya penulis paparkan tentang penarikan data mayor

yaitu gaya horisontal yang terjadi, yang penulis lakukan dengan jalan memasang strain gauge sebagai detektor.

1.3 Langkah pengujian.

Keterangan tentang pelaksanaan pengujian, secara deskriptip dan kronologis teknisnya penulis paparkan pada bab IV dan V.

Selanjutnya sebagai acuan sampingan, akhirnya dalam penelitian ini harus penulis terima beberapa idealisasi serta pembatasan masalah. Hal yang demikian sebagai contoh ialah keadaan gelombang sepanjang tangki percobaan. Adalah sulit untuk bisa mendapatkan karakteristik gelombang yang sama di sepanjang kolam, karena paling tidak pasti ada beberapa perubahan akibat adanya gesekan perairan dengan tepi kolam uji.

Namun demikian, untuk memperkecil kemungkinan terjadinya kesalahan atau kurang telitian akibat adanya asumsi dasar, di sini juga penulis upayakan beberapa pengatasannya. Sebagai contoh, diantaranya telah penulis pasang wave-probe sebagai pengoreksi terhadap karakteristik gelombang out put yang dihasilkan oleh wave making. Lihat pula bab IV.

1.4 Penilaian penelitian.

Untuk dapat memberikan kesimpulan, saran atau juga tanggapan terhadap teori yang telah ada, sudah barang tentu harus sudah dipersiapkan terlebih dahulu beberapa

kriteria penilaiannya.

Sudah barang tentu yang penulis gunakan sebagai referensi penilaian adalah hasil dari penelitian itu sendiri, yang penulis terima sebagai sesuatu keadaan yang riil, yang sudah barang tentu pula berdiri di atas semua asumsi dasar dan sumber-sumber kesalahan yang ada.

Pisau analisisnya, dari pengalaman terhadap beberapa penelitian yang telah dilaksanakan oleh himpunan mahasiswa teknik lautan dan oleh dosen fakultas teknologi kelautan, hubungan grafik antara gaya dengan periode gelombang adalah mendekati ke bentuk lengkung polinomial derajat dua, sehingga pendekatan pembuatan grafiknya pun juga penulis lakukan dalam polinomial derajat dua juga. Dari kedua grafik yang didapat pada penelitian dan juga dari perhitungan, maka baru didapatlah harga kesetaraannya.

1.5 Sasaran penulisan.

Melalui penelitian ini, terhadap dunia akademika penulis harapkan akan dapat menambah kepustakaan hasil penelitian sehingga pada saatnya nanti beberapa hal diantaranya akan mampu memberikan sumbangan yang bermanfaat dalam penyempurnaan suatu disiplin ilmu.

Sedang pada umum ataupun lembaga yang mempunyai kepentingan di dalam masalah ini, penulis harapkan semoga laporan penelitian ini akan dapat memberikan sumbangan kecil yang bermanfaat, sehingga dalam masalah-masalah yang

relevan akan mampu menambah wawasan perhitungan, yaitu dalam pemakaian teori-teori secara aplikatif.

1.6 Batasan masalah.

Dalam penyelesaian penelitian ini, beberapa batasan yang mesti penulis ambil yang sesuai dengan batasan waktu maupun pembiayaan antara lain ialah :

- Gelombang penguji adalah gelombang linear Airy, yaitu gelombang sinusoidal yang memenuhi daerah ketelitian pada grafik region validity.
- Kecepatan arus/tarik kereta adalah merupakan harga yang tetap jadi bukan merupakan fungsi waktu.
- Penelitian hanya penulis lakukan pada satu diameter π pa saja.
- Sesuai dengan batasan laboratorium, arah gerakan pipa, membentuk sudut sebesar 180° terhadap arah gelombang.

BAB II

TUJUAN PENELITIAN

Hasil-hasil yang ingin penulis peroleh dalam penelitian ini diantaranya ialah :

1. Mencari besarnya gaya horisontal yang diakibatkan oleh kerja gelombang saja.
2. Sama seperti point kesatu tetapi oleh kerja arus saja.
3. Mencari gaya horisontal yang diakibatkan oleh adanya kerja gelombang dan arus secara simultan.
4. Menyetarakan hasil-hasil tersebut di atas dengan hasil atas perhitungan secara teori.
5. Memberikan penilaian dan berusaha mendapatkan catatan yang berguna bagi penambahan wawasan perhitungan.
6. Melakukan identifikasi terhadap kemungkinan terjadinya masalah-masalah baru, yang sekiranya dapat menjadi kajian maupun subyek penelitian di masa mendatang.

Catatan :

Semua hasil-hasil tersebut di atas, pemaparannya penulis tuangkan sebagai bab kesimpulan dan tanggapan.

* * * * *

BAB III

LINTASAN PUSTAKA

3.1 Simulasi keadaan model.

Pada penelitian ini, untuk mendapatkan gaya yang diakibatkan oleh kerja gelombang murni penulis dapat dengan jalan memberikan keadaan air bergelombang tanpa kereta laboratorium ditarik.

Sedangkan untuk kerja karena arus, spesimennya ditarik melalui kereta dengan tanpa memberikan keadaan gelombang. Gabungan diantara keduanya yaitu gaya yang diakibatkan oleh pengaruh arus dan gelombang secara simultan, penulis dapatkan dengan jalan menarik kereta dalam keadaan perairan bergelombang.

Dengan langkah-langkah tersebut di atas, maka berarti kita dapatlah simulasi keadaan modelnya.

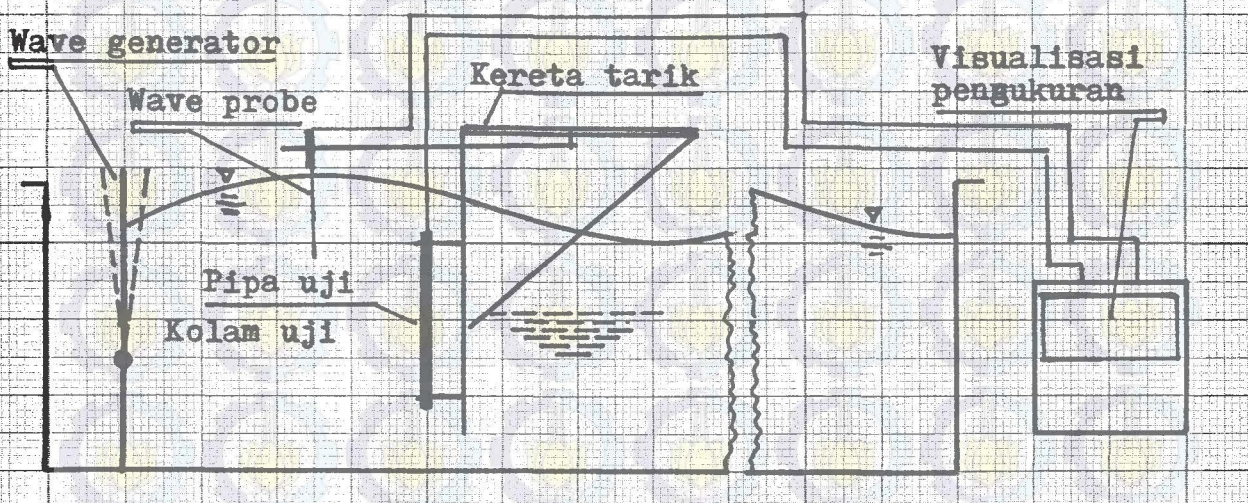
Khusus untuk keadaan kerja akibat pengaruh arus dan gelombang secara simultan, karena adanya pergerakan pipa maka karakter gelombang yang mengenainya juga harus dikoreksi sesuai kecepatan pipa itu ditarik.

Besarnya koreksi guna mendapatkan panjang gelombang, periode maupun kecepatan gelombang yang aktual, digunakan suatu hubungan yaitu ' Encountering Frekwency ' 1),

$$W_e = W + \frac{\vec{U} \cdot W^2}{g} \dots\dots\dots (1).$$

3.2 Penurunan teori gaya horisontal.

Guna memberikan keterangan pada persamaan (1) dan penurunan berikutnya, lihat gambar 3.1.



Gb. 3.1 Gambaran simulasi model.

Dalam penurunan teori yang memberikan gaya horisontal ini terdapat tiga kategori yang utama, yaitu gaya karena pengaruh arus dan gelombang secara simultan, gaya karena gelombang dan gaya karena adanya arus saja.

3.2.1 Gaya arus dan gelombang secara simultan.

Gaya yang terjadi pada silinder yang bergerak di dalam fluida yang bergelombang, oleh Brebbia²⁾ diberikan sebagai berikut, :

$$F(y,t) = C_M \frac{D\vec{r}}{Dt} + C_A \frac{D\vec{v}}{Dt} + C_D \vec{r} |\vec{r}| \dots \dots \dots (2).$$

Dengan :

$$C_A = \rho \cdot A \dots \dots \dots (2a).$$

$$C_M = \frac{C_m \rho \pi D^2}{4} \dots \dots \dots (2b).$$

$$\vec{r} = \vec{v} - \vec{u} \dots \dots \dots (2c).$$

$$\frac{D}{Dt} = \frac{\delta}{\delta t} + \vec{v} \cdot \nabla \dots \dots \dots (2d).$$

$$\nabla = \text{Gradien vektor } (\delta/\delta x, \delta/\delta y, \delta/\delta z) \dots \dots (2e).$$

Melalui peninjauan terhadap gelombang linear saja, maka memberikan kemungkinan kepada kita untuk mengabaikan adanya percepatan konvektif dan selanjutnya derivatif gerakan material di dalam fluida dalam persamaan (2d), dapat hanya dituliskan sebagai $\delta/\delta t$ saja, sehingga :

$$\frac{Dr}{Dt} = \frac{\delta r}{\delta t} = \dot{r} \dots \dots \dots (2f).$$

Selanjutnya, karena kecepatan yang diberikan pada kereta adalah tetap dan bukan berubah menurut waktu, maka persamaan (2f) dapat dituliskan kembali menjadi :

$$\frac{\delta \vec{r}}{\delta t} = \frac{\delta \vec{v}}{\delta t} + \frac{\delta \vec{u}}{\delta t} = \frac{\delta \vec{v}}{\delta t} = \dot{\vec{v}} \dots \dots \dots (2g).$$

Sehingga persamaan (2) dapat ditulis kembali menjadi:

$$F(y,t) = \frac{\delta \vec{r}}{\delta t} (C_M + C_A) + C_D \vec{r} \cdot |\vec{r}| \dots \dots \dots (3).$$

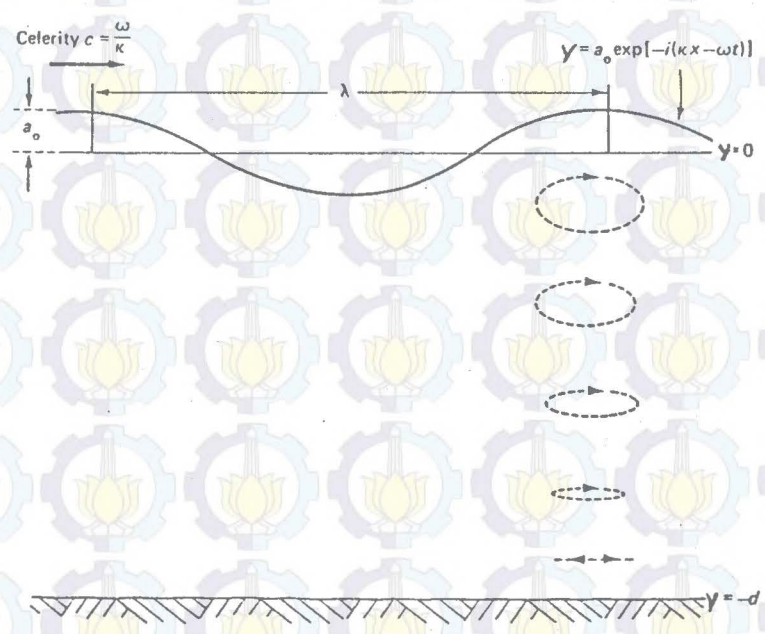
$$\text{dengan : } C_A + C_M = C_I \dots \dots \dots (3a).$$

dengan :

$$C_I = \frac{C_i \rho \pi \cdot D^2}{4} \dots\dots\dots(3b).$$

$$C_D = \frac{C_d \rho D}{2} \dots\dots\dots(3c).$$

Selanjutnya, harga kecepatan dan percepatan partikel gelombang dapat diturunkan dari teori Airy sebagai berikut. Pandang gelombang linear Airy pada gambar 3.2.



Gb. 3.2 Gelombang linear atau Airy.

Elevasi dari gelombang sinusoidal tersebut, dalam bentuk eksponensial yaitu :

$$\eta(x) = a_0 \exp(-ikx) \dots\dots\dots(4).$$

dengan :

$$k = 2\pi / \lambda \dots\dots\dots(4a).$$

$$a_0 = H / 2 \dots\dots\dots(4b)$$

Selanjutnya dengan memperhatikan perambatan gelombang maka persamaan (4) dapat dituliskan menjadi :

$$\eta(x,t) = a_0 \exp.(-i(kx-Wt)) \dots\dots\dots(5).$$

dengan W diperoleh dari hubungan :

$$c = W / k \dots\dots\dots(5a).$$

Persamaan elevasi pada pers. (5) tersebut, sesuai dengan fungsi kedalamannya dapat diturunkan persamaan potensial kecepatannya yaitu :

$$\phi(x,y,t) = i \frac{g}{W} a_0 \exp.(-i(kx-Wt)) \frac{\cosh(ky)}{\cosh(kd)} \dots\dots\dots(6).$$

dengan :

$$W^2 = g k \tanh(kd) \dots\dots\dots(6a).$$

Dengan mengetahui persamaan potensial kecepatan partikel pada setiap keadaan kedalaman, maka selanjutnya dapat pula diturunkan besarnya komponen kecepatan, yaitu :

$$\vec{v} = \frac{\delta \phi}{\delta x} = \frac{W H \cosh(ky)}{2 \sinh(kd)} \cos(kx-Wt) \dots\dots\dots(7).$$

dan

$$\dot{\vec{v}} = \frac{d \vec{v}}{d t} = W^2 \frac{H \cosh(ky)}{2 \sinh(kd)} \cdot - \sin(kx-Wt) \dots\dots\dots(8).$$

Dengan menuliskan $(kx-Wt)$ menjadi 0 yang berarti slope, selanjutnya persamaan (7) dan (8) dapat ditulis lebih se-

derhana, dan apabila kita tidak mementingkan terhadap posisi sudut slope terhadap gaya horisontal yang merupakan gabungan antara gaya inersial dan gaya drag, maka persamaan (7) dan (8) dapat dituliskan kembali sesuai dengan TH. Dawson ³⁾, menjadi :

$$\bar{V} = \frac{W H \cosh(ky)}{2 \sinh(kd)} \cos(\theta) \dots\dots\dots(9).$$

dan

$$\dot{\bar{V}} = \frac{W^2 H \cosh(ky)}{2 \sinh(kd)} \sin(\theta) \dots\dots\dots(10).$$

Selanjutnya dengan melakukan substitusi pers (10) pada pers. (2a), (3), dan (3a) serta kemudian melakukan pengintegralan mulai dari batas bawah y_2 hingga batas atas y_1 , maka didapat besarnya gaya horisontal inersial secara teori yaitu :

$$F_I = \frac{C_i \rho \pi D^2 W e^2 H}{8 k} \frac{\sinh(ky)}{\sinh(kh)} \sin(\theta) \bigg|_{y_2}^{y_1} \dots\dots(11).$$

Di sini, kita sudah mulai memasukkan adanya pengaruh perjalanan kereta, yaitu dengan jalan menggunakan frekwensi of encountering dari pers. (1).

Terhadap gaya drag untuk perumusannya, terlebih dahulu penulis utarakan, bahwa dalam pemakaian setiap karakteristik gelombang sebagai gelombang eksperimen adalah selalu mempunyai komponen kecepatan V yang selalu lebih ke-

cil daripada harga u yang merupakan kecepatan tarik kereta. Akibat dari kenyataan ini, maka vektor \vec{r} $|\vec{r}|$ dapat diuraikan sebagai berikut :

$$\vec{R} = \vec{r} |\vec{r}| \dots\dots\dots(12).$$

dengan harga R adalah sebesar :

$$|\vec{R}| = (V - u)^2 = V^2 - 2uV + u^2 \dots\dots\dots(12a).$$

Dengan telah didapatkannya harga R maka dengan melakukan substitusi pada persamaan (3) dan (3b) dan kemudian melakukan pengintegralan mulai dari batas bawah y_2 hingga batas atas y_1 , didapatlah besarnya gaya drag dalam keadaan simultan secara teori, yaitu :

$$F_D = \frac{C_d \rho D ((We^2 H^2 (\sinh(2ky) + 2ky) \cos^2(\theta)) - 32 \sinh(kd))}{2 \sinh(kd)} + \frac{u^2 y}{2} \Big|_{y_2}^{y_1} \dots(13).$$

3.2.2 Gaya akibat kerja gelombang.

Besarnya gaya horisontal yang timbul akibat kerja gelombang secara murni, dapat diturunkan seperti pada sub bab 3,2.1 hanya saja dengan memasukkan harga u adalah nol (0). Sebagai hasil substitusi terlihat bahwa besarnya gaya inersial adalah tetap seperti pers. (11) sedangkan untuk gaya horisontal drag adalah berubah dan menjadi lebih singkat yaitu :

$$F_D = \frac{C_d \rho D W^2 H (\sinh^2(ky) + 2ky)}{32 k \sinh^2(kd)} \cos^2(0) \Big|_{y_2}^{y_1} \dots (14).$$

3.2.3 Gaya akibat kerja arus.

Gaya yang terjadi oleh akibat kerja arus atau dalam hal ini adalah tarikan kereta, hanyalah merupakan gaya drag saja. Besarnya gaya yang terjadi dapat diturunkan dari persamaan (13) yaitu dengan jalan menghilangkan pengaruh dari kerja gelombang, akibatnya maka didapatkan besarnya gaya sebagai berikut, :

$$F_D = \frac{C_d \rho D u^2 y}{2} \Big|_{y_2}^{y_1} \dots \dots \dots (15).$$

Dengan uraian-uraian tersebut pada sub bab 3.2.1 - sampai 3.2.3 dapat kita tarik suatu kesimpulan bahwa secara teori melakukan penggabungan secara aljabar antara - komponen u dan V adalah dapat diterima, yaitu dengan akibat munculnya koreksi terhadap frekwensi gelombang pada saat perhitungan secara simultan.

3.3 Pemilihan koefisien.

Besarnya C_d dan C_i , ditentukan oleh parameter lain yaitu bilangan Reynold dan bilangan Keulegan-Carpenter, yaitu :

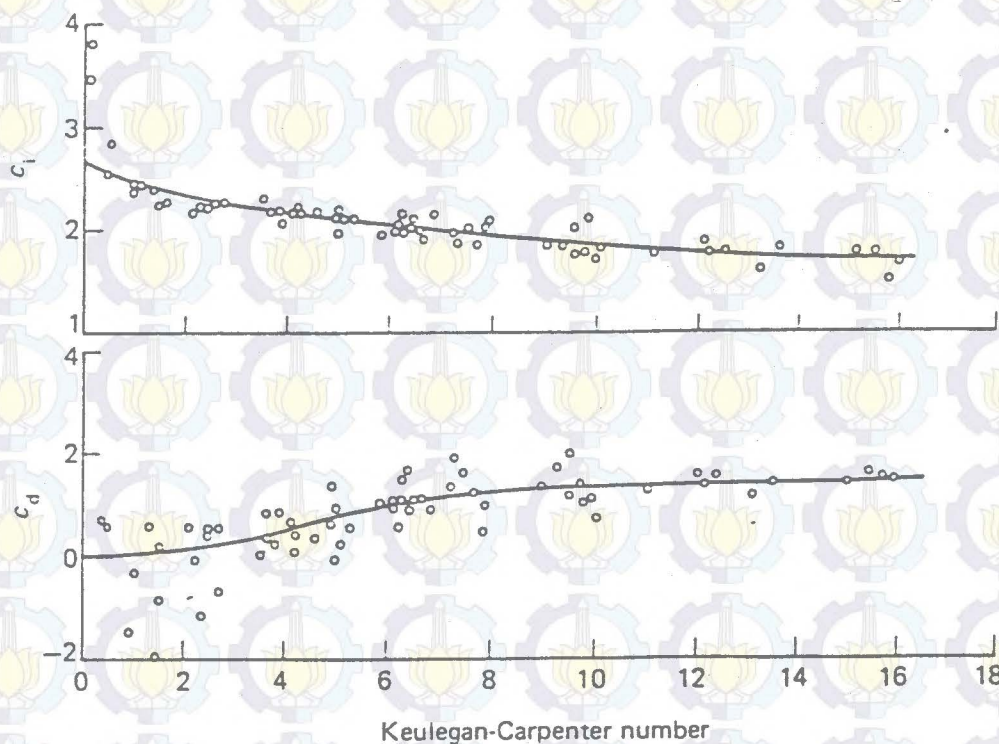
$$Re = \frac{\vec{r} \cdot D}{\nu} \dots \dots \dots (16).$$

$$N_{KC} = \frac{r^2 T_e}{D} \dots \dots \dots (17).$$

Selanjutnya besarnya harga koefisien ditentukan oleh hubungan pada tabel 3.1 dan gambar 3.3

Re	Cd	Ci
$Re < 5,0 \cdot 10^4$	1,3	2,0
$5,0 \cdot 10^4 < Re < 1,0 \cdot 10^5$	1,2	2,0
$1,0 \cdot 10^5 < Re < 2,5 \cdot 10^5$	$1,53 - Re/(3 \cdot 10^5)$	2,0
$2,5 \cdot 10^5 < Re < 5,0 \cdot 10^5$	0,7	$2,5 - Re/(5 \cdot 10^5)$
$5,0 \cdot 10^5 < Re$	0,7	1,5

Tabel 3.1 Hubungan Cd, Ci dan Re^4 .



Gb. 3.3 Harga C_i dan C_d sebagai fungsi N_{KC} .

Terhadap pemakaian tabel 3.1, di sini penulis beranikan pemakaiannya karena dalam kenyataan selama penelitian syarat-syarat yang dimintanya cukup terpenuhi, yaitu keadaan pipa yang cukup terbuka dan keadaan permukaan yang cukup kasar. Kekasaran ini timbul misalnya pada daerah sambungan pipa tempat pemasangan pemegang strain-gauge atau juga permukaan pipanya sendiri juga terdapat adanya goresan-goresan kecil.

3.4 Program perhitungan komputer.

Dari perhitungan yang telah penulis turunkan pada sub bab 3.1.1, maka dapat penulis program perhitungannya, seperti yang terlihat dalam lampiran I. Pada program perhitungan tersebut, secara garis besar besarnya komponen kecepatan dan percepatan partikel, adalah penulis cari rata-ratanya sepanjang batang pipa terlebih dahulu, mencari besarnya gaya pada setiap satuan panjang, dan yang terakhir barulah mencari gaya totalnya yaitu dengan jalan mengalikan gaya persatuan panjang terhadap panjang pipanya sendiri.

3.5 Program least-square derajat dua.⁵⁾

Terhadap data-data hasil penelitian, pembuatan grafiknya penulis gunakan least-square derajat dua, di mana dari persamaan yang diperoleh setelah penulis coba dengan derajat yang lain, penulis lihat derajat dua inilah yang cukup memadai. Lihat lampiran I

BAB IV

STRATEGI PENELITIAN

Guna mendapatkan hasil seperti apa yang telah ditetapkan dalam bab II, maka penulis buat suatu strategi yang mencakup pemilihan parameter, peralatan hingga pengambilan datanya.

4.1 Pemilihan parameter.

Parameter percobaan yang mempengaruhi besarnya gaya horisontal di dalam kasus ini ialah besarnya diameter pipa, panjang pipa, karakter gelombang maupun keadaan kolam di mana percobaan dilaksanakan.

4.1.1 Ukuran pipa.

Sebagai batasan utama terhadap ukuran pipa, ukuran panjang ditentukan oleh kedalaman kolam sedangkan besarnya diameter, ditentukan oleh batasan yang diberikan oleh besarnya bilangan Karpenter yang terjadi, lihat persamaan 13.

Dari persamaan tersebut, dapat dilihat bahwa untuk mendapatkan bilangan Karpenter masih ditentukan oleh kecepatan fluida dan periode gelombang, sehingga penentuan besarnya diameter harus melihat pula terhadap karakter gelombang dan kecepatan tarik yang diberikan.

Dengan melakukan percobaan terhadap beberapa kemungkinan gelombang yang akan dipakai, memberikan kecepatan terbesar yang lebih kecil dari 0,2 m/det pada periode waktu sebesar 3,5 detik. Dari sana maka dengan diameter percobaan sebesar 0,06 meterpun masih didapatkan harga bilangan Karpenter sebesar ± 12 , dan hal ini masih tercukupi dengan adanya tabel pada tabel 3.1.

Selanjutnya dimensi pipa percobaan, penulis ambil diameter sebesar 0,09 m dan panjang sebesar 1,08 m. Lihat pula gambar 4.2.

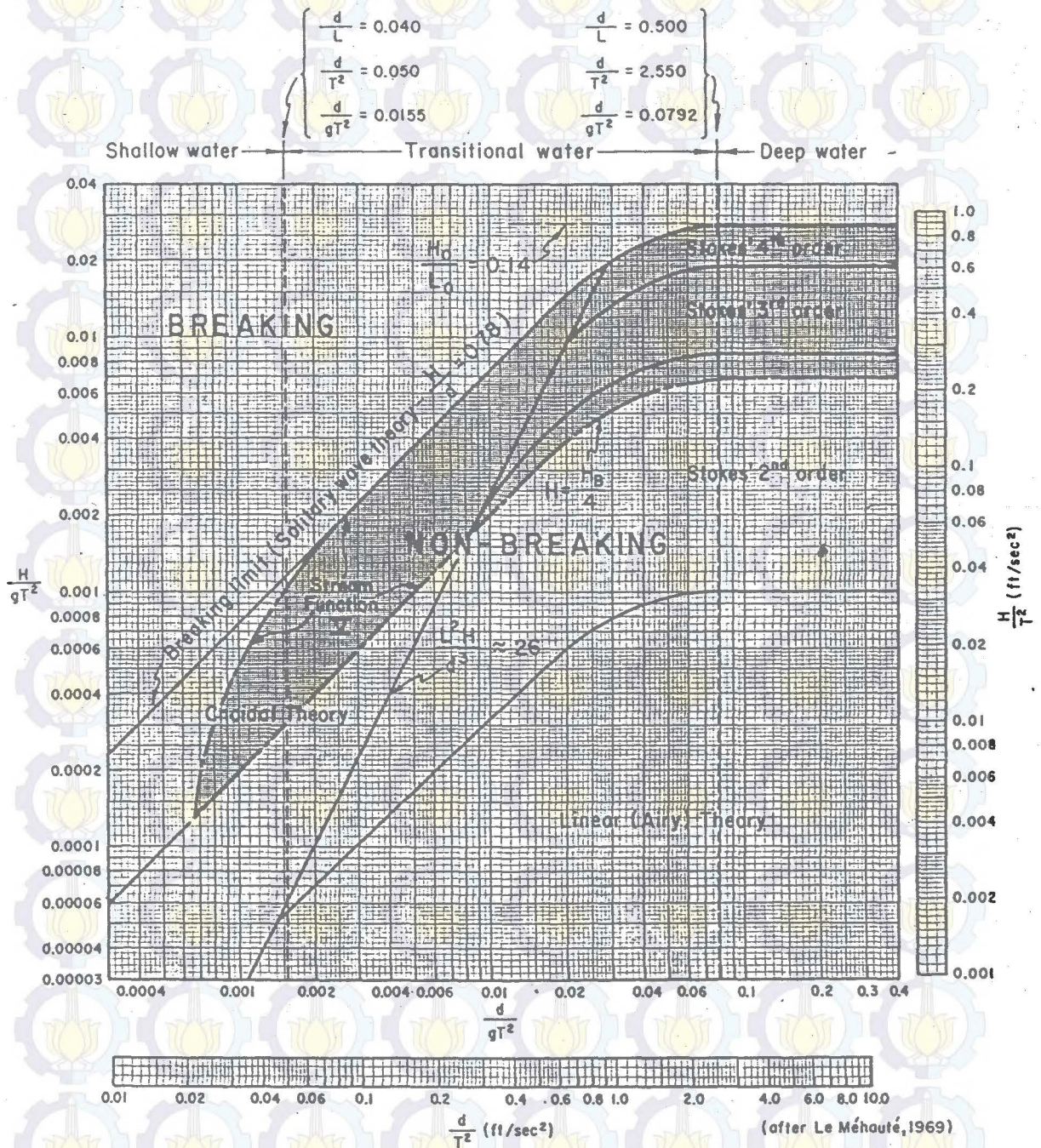
4.1.2 Pemilihan karakter gelombang.

Pemilihan karakter gelombang, penulis dasarkan atas :

- Keadaan laboratorium hidrodinamika ITS, yang sementara ini yang sudah jelas baik hasilnya adalah jenis gelombang sinusoidal.
- Region of validity dari beberapa jenis gelombang yang selanjutnya penulis gunakan sebagai acuan untuk memilih parameter tinggi dan periode gelombang. Lihat Gb. 4.1.

Dari angka kedalaman kolam sebesar 1,83 m dan $g=9,82 \text{ m/d}^2$ maka didapat :

- Untuk $H = 3,5 \text{ cm}$, maka periode terkecil ialah 2 detik.
- Untuk $H = 4 \text{ cm}$, maka periode terkecil ialah 2,2 det.
- Untuk $H = 4,5 \text{ cm}$, maka periode terkecil ialah 2,4 det.
- Untuk $H = 5 \text{ cm}$, maka periode terkecil ialah 2,7 det.
- Untuk $H = 5,5 \text{ cm}$, maka periode terkecil ialah 3,2 det.



Gb. 4.1 Region of validity dari jenis gelombang).

Catatan.: Dalam pemeriksaan terhadap harga stroke yang terjadi, didapatkan bahwa semua parameter gelombang yang dipilih adalah masih ada di bawah 85 %, sehingga semuanya dapat diujikan pada pipa dalam eksperimen ini.

4.1.3 Pemilihan karakter kecepatan kereta.

Pemilihan besarnya kecepatan tarik kereta, secara bersama dengan karakter gelombang dan diameter pipa adalah ditentukan oleh besarnya bilangan Keulegan-Carpenter. Terhadap ketiga parameter ini telah penulis lakukan pemilihan yang bersifat coba-coba seperti telah tertulis dalam sub bab 4.1.1. Dalam coba-coba tersebut besar kecepatan tarik penulis ambil antara 0,1 - 0,15 m/det. Dengan demikian pemilihan kecepatan tarik, memberikan ke-longgaran yang cukup selama penelitian ini.

Setelah penulis lakukan pengecekan di lab. Hidrodinamika ITS, kecepatan yang telah tersebut di atas, kesemuanya masih dapat dilakukan dengan batas ketelitian yang cukup baik, yaitu dengan standard deviasi yang cukup kecil. Selama penarikan data selanjutnya, harga-harga kecepatan tarik ini dapat dipilih sesuai dengan kemudahan teknis di laboratorium.

4.1.4 Kondisi perairan kolam uji.

Selama penelitian yang penulis lakukan pada tanggal 24 dan 25 Nopember 1987, kondisi perairan laboratorium hidrodinamika FTK-ITS adalah sebagai berikut :

- Panjang kolam uji : 55 meter.
- Lebar kolam uji : 3 meter.
- Tinggi kolam uji : 2 meter.
- Jenis fluida : Air tawar.
- Suhu perairan : 22-24 °C.

- Batas atas pipa : Pada kedalaman perairan 0.2 m.
- Batas bawah pipa : Pada kedalaman perairan 1,28 - meter.
- Letak ordinat pipa : Terletak pada jarak 1,2 m dari sisi kolam sebelah selatan.
- Letak pemegang pipa : Propil baja pemegang pipa, terletak pada jarak 0,33 m. dari pusat sumbu pipa uji.

4.2 Kebutuhan peralatan.

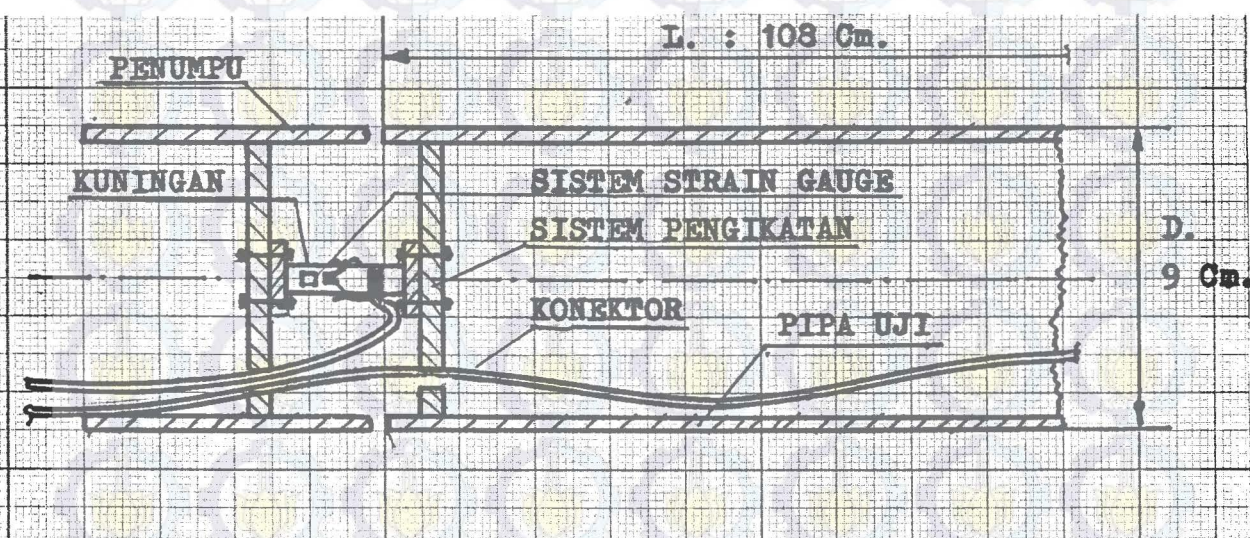
Peralatan yang dibutuhkan di sini, meliputi peralatan di dalam spesimennya sendiri dan peralatan laboratorium. Peralatan di dalam spesimen, yang terutama strain gauge sedangkan peralatan laboratorium meliputi pembangkit dan pengontrol gelombang, pengontrol tinggi gelombang, amplifier pembesar signal, unit penggerak kereta dan pencatat grafik.

4.2.1 Strain gauge dalam spesimen.

Sebagai detektor utama besar gaya melintang terhadap sumbu pipa adalah strain gauge, yaitu suatu alat yang dapat menunjukkan besarnya perubahan panjang suatu elemen material yang elastis. Prinsip kerja alat ini sendiri, adalah sebagai berikut. Apabila suatu elemen material yang memenuhi hukum Hooke dikenai suatu beban gaya, maka padanya akan terjadi perubahan panjang yang dinyatakan dengan angka strain, yaitu angka yang menunjukkan perbandingan -

panjang antara perubahan panjang pada satu elemen terhadap panjang elemen semula. Nah, apabila keadaan ini sekarang dibalik menjadi perubahan strainnya yang diketahui maka ganti akan kita dapatlah besar beban yang terjadi.

Terhadap pipa spesimen di sini, dari beberapa sistem pemasangan strain yang dapat dilakukan, penulis ambil sistem dengan ' Full Bridges ' yaitu dipakai sebanyak empat buah strain gauge sebagai komponen resistor di dalam rangkaian jembatan Wheatstone. Dalam spesimen di sini, digunakan dua buah rangkaian jembatan Wheatstone yang masing-masing dipasang pada ujung dari kedua pipa uji. Pemasangan strain gauge pada pipa ujinya sendiri, sebagai contoh dapat dilihat pada gambar 4.2 atau pada foto dalam lampiran II.



Gb. 4.2 Strain gauge dalam pipa uji.

Pendeteksian gaya melintang melalui strain gauge, dalam penelitian akan menjadi jauh lebih mudah lagi apabila perubahan panjang strain kita wujudkan dalam paramete-

ter lain yang dapat divisualkan. Salah satu contoh visualisasi strain yang penulis lakukan dalam penelitian ini, ialah dengan pemakaian pencatat grafik (strip chart recorder) yang sebagai pengenalannya akan penulis utarakan sub-sub bab kemudian.

Dalam pemasangan strain gauge pada sub bab ini, catatan yang perlu penulis utarakan adalah tentang kabel konektornya. Kabel yang digunakan untuk menghubungkan masing-masing terminal pada rangkaian jembatan Wheatstone adalah sejenis, yang biasanya disebutkan pada manual yang disertakan pada amplifier. Dalam penelitian ini, standar yang penulis gunakan adalah standard HBM. Kemudian terhadap kabel yang keluar, hendaklah dilewatkan melalui salah satu ujung pipa, sehingga tidak akan menimbulkan gangguan yang berarti.

4.2.2 Pembangkit dan pengontrol gelombang.

Rambatan gelombang sinusoidal yang terjadi, sebenarnya adalah merupakan hasil dari pergerakan maju serta mundurnya sayap (flap) yang terbuat dari plat baja. Dan karakter gelombang yang terjadi, adalah sangat tergantung pada persentase simpangan flap yang biasa juga disebut sebagai harga stroke dan juga periode yang dibutuhkan flap untuk membuat satu getaran. Sedangkan karakter daripada gerakan flap ini, adalah sangat tergantung pada mesin pembangkit gelombang yang memberi tenaga flap untuk melakukan gerakan maju dan mundur.

Pembangkit gelombangnya sendiri, adalah bekerja dengan sistem hidraulik. Mesin pembangkit gelombang ini di dalam kerjanya membutuhkan beberapa input. Sedangkan input-input tersebut adalah merupakan hasil terjemahan suatu alat yang bernama ' Dyna test ' yang asal input awalnya adalah dari pusat pengontrol gelombang yaitu komputer mikro Hawlet Pachard 86 B. Jadi dyna test adalah suatu alat yang berfungsi sebagai komputer analog.

Dalam penelitian yang membutuhkan gelombang sinusoidal ini, input yang dibutuhkan oleh komputer pengontrol HP 86-B adalah :

- Tinggi gelombang, dan
- Periode gelombang.

4.2.3 Pengukur tinggi gelombang.

Tinggi rambatan gelombang yang dihasilkan oleh gerakan flap, masih memerlukan pemeriksaan lagi karena yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah tinggi gelombang riil. Dan juga hal ini dilakukan, karena sangat mungkin saja terjadi ketidak cocokkan antara tinggi gelombang input yang kita sampaikan pada mikro komputer HP. 86 B dengan tinggi gelombang yang dihasilkan oleh flap pada wave generator.

Pengukurannya sendiri, dilakukan oleh alat pengukur gelombang (wave probe) dan perlengkapannya yang bernama ' Seasim Auto Compensating '. Wave probe yang penulis gunakan mempunyai panjang 400 mm (standard) dan di-

buat dari baja tahan karat . Lihat pula foto pada lampiran II yang menunjukkan keadaan dan posisi wave probe dalam penelitian.

Seasim yang penulis gunakan mempunyai mode sebanyak dua buah, yaitu mode auto dan static. Mode static, dipergunakan untuk melakukan kalibrasi sebelum percobaan dan mode auto yang bersifat otomatis digunakan sewaktu penelitian berlangsung. Terhadap pengukur tinggi gelombang ini, juga dapat divisualisasikan melalui strip chart recorder seperti halnya pendeteksian gaya. Seasim yang penulis gunakan dapat dilihat pada foto di lampiran II .

4.2.4 Amplifier pembesar signal.

Di depan, telah penulis sampaikan tentang pemakaian strain gauge dalam jembatan Wheatstone sebagai pengukur daripada harga strain atau sebaliknya sebagai pendeteksi gaya. Guna melakukan pendeteksian tersebut, perlu satu alat yang berguna untuk membangkitkan signal-signal tegangan input yang dibutuhkan oleh rangkaian jembatan Wheatstone dan alat yang berguna untuk menangkap kembali signal kembalinya. Nah kedua rangkaian tersebut ada pada alat yang dinamakan amplifier pengukur harga strain.

Tegangan atau signal-signal yang dikembalikan dari sistem rangkaian adalah sangat kecil, sehingga memerlukan pembesaran yang cukup untuk dapat kita melihatnya, baik dalam bentuk digital (digital indication), melalui volt

meter (analogue indication) atau melalui strip-chart recorder. Dalam penelitian ini, penulis gunakan amplifier dari HBM dengan type KWS 3072 dan rangkaiannya adalah penulis gunakan rangkaian full-bridges. Visualisasinya sendiri, penulis gunakan strip chart recorder.

4.2.5 Pencatat grafik (strip chart recorder),

Alat visualisasi yang utama dalam penelitian yang penulis lakukan adalah alat pencatat grafik. Alat ini memiliki kanal sebanyak enam buah, yang masing-masing channelnya mampu memvisualisasikan satu buah input dan membutuhkan tenaga listrik \pm 140 watt. Mengingat keutamaan dalam pemakaiannya, maka spesifikasi dari alat ini akan penulis utarakan lebih detail.

Spesifikasi utama dari strip chart recorder dengan type ' Recorder Gauld Seri 2600 ' adalah sebagai berikut:

- Jumlah channel adalah sebanyak enam buah.
- Jarak antar channel sebesar 60 mm.
- Lebar kertas pencatat sebesar 380 mm dengan lebar simpangan maksimum setiap channel sebesar 25 mm.
- Panjang kertas satu roll sepanjang 83 meter.
- Kecepatan gerak kertas bervariasi dari 5, 10, 25, 50 100, 200 mm/det dan seperseratus dari masing-masing harga tersebut.
- Tegangan aman sebesar \pm 500 V DC atau AC (dengan recorder tanpa penguatan awal).
- Dan suhu pengoperasian adalah berkisar dari 0 - 50°C.

Lebih lanjut, gambaran dari pencatat grafik atau strip chart recorder ini, dapat dilihat pada foto yang penulis sertakan dalam lampiran II.

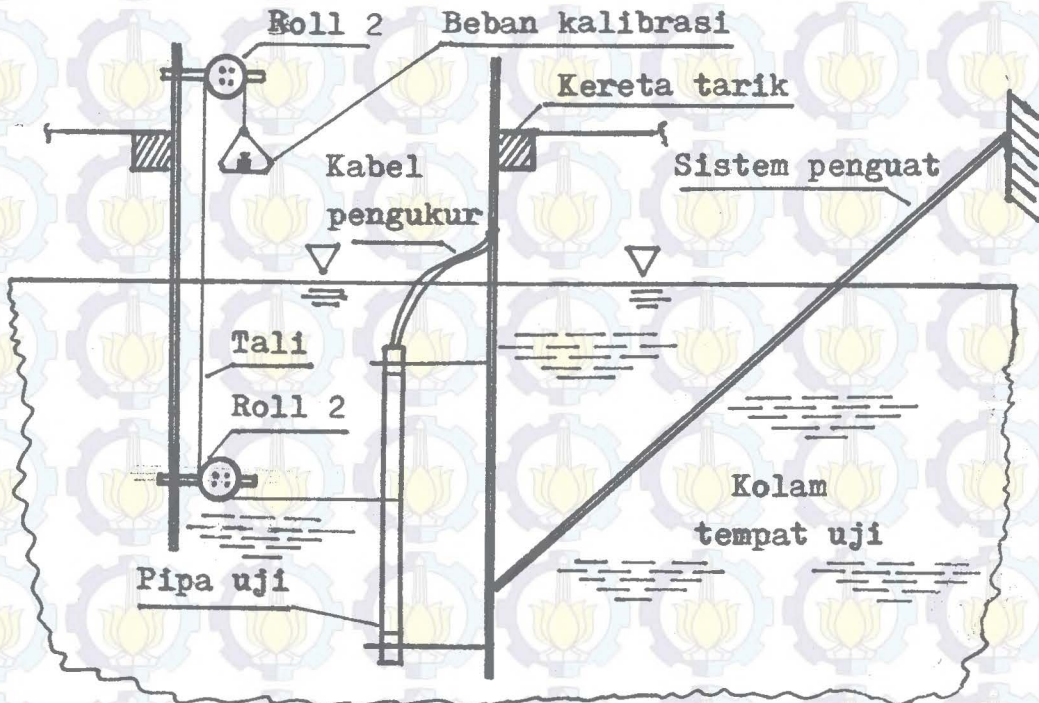
4.3 Metode kalibrasi beban.

Pemilihan metode kalibrasi beban ini, mempunyai arti yang sangat penting, karena dari kalibrasi inilah didapatkan hasil-hasil penelitian yang dicari. Melalui satu pertimbangan bahwa kalibrasi di atas air akan sangat memberikan hasil yang lain setelah spesimen nantinya dimasukkan ke dalam air, maka kalibrasi penulis pilih dilakukan di dalam air. Penyebab dari ketidak-samaan ini, terutama adalah karena sangat mungkin terjadinya beban-beban baik tarik maupun tekan pada sistem pemegangan spesimen, misalnya karena pengikatan pada kereta tarik.

Kalibrasi di dalam air, penulis laksanakan dengan memakai bantuan tali plastik yang kecil, roll kalibrator dan pipa tahan karat pemegang roll. Sistem dari kalibrasi ini, dapat dilihat pada gambar 4.3.

Keterangan dari gambar 4.3, pasang tali plastik tepat pada titik tengah memanjang dari pipa uji. Tali plastik ini bentangkan/ kaitkan dalam arah yang tegak lurus terhadap sumbu tegak pipa uji pada roll kesatu. Kelanjutan dari tali ini tarik dan kaitkan pada roll kedua dan ujung akhir diberi beban berat yang merupakan beban kalibrasi. Dengan menempatkan/ mengikat tali tepat pada titik tengah memanjang pipa, maka penulis harapkan

beban pengkalibrasi pada kedua ujung sistem detektor gaya adalah sebesar beban pengkalibrasi pada roll kedua dibagi dua.



Gb. 4.3 Sistem kalibrasi beban.

BAB V

PELAKSANAAN DAN ANALISA PENELITIAN

Hal-hal yang menyangkut pelaksanaan penelitian diantaranya ialah pembuatan benda uji, pelaksanaan kalibrasi dan pelaksanaan penelitiannya sendiri. Sedangkan kegiatan yang menyangkut analisa penelitian adalah pembacaan pada kertas strip chart, melakukan perhitungan secara teori, melakukan perhitungan regresi terhadap data-data penelitian/perhitungan teori dan yang terakhir adalah menyusunnya dalam bentuk grafik-grafik antara gaya horisontal dan periode gelombang pada suatu tinggi gelombang tertentu.

5.1 Pelaksanaan penelitian.

5.1.1 Pembuatan benda uji.

Dimensi benda uji yang kita pakai, disesuaikan dengan yang telah direncanakan dalam strategi penelitian. Dan untuk itu, penulis ambil pipa PVC dengan diameter 0,9 dm. dan panjang 1,08 m. Selanjutnya terhadap calon specimen kita lakukan kegiatan sebagai berikut, :

1. Pada ujung pipa, dipasang plat PVC yang sebelumnya sudah diratakan terlebih dahulu. Plat PVC ini kemudian dilas dengan las PVC sehingga bisa menutup dengan kuat pada ujung pipa PVC.
2. Pasang plat kuningan yang telah dipersiapkan pada pe

penahan/tutup plat PVC yang telah dilaskan.

3. Pasang keempat strain gauge sesuai dengan sistemnya yaitu full bridges pada plat kuningan yang telah dipasang pada plat PVC penahan.
4. Pasang kabel-kabel konektor pada masing-masing terminal sistem rangkaian. Buat kabel penghubung ini mempunyai panjang yang cukup, yaitu sekitar 15-meter yang berguna untuk memberikan kelonggaran pada gerakan kereta.
5. Plat kuningan bagian ujung dipasang pada potongan plat PVC yang sebelumnya juga sudah ditutup dengan plat PVC yang sudah diratakan.
6. Buat tekukan plat strip yang hendak digunakan sebagai pemegang spesimen.
7. Lakukan pekerjaan dari nomor satu sampai dengan enam pada ujung pipa yang lain.

Nah, dengan demikian berarti telah selesailah model pipa kita buat dan sebelum digunakan untuk penelitian periksa terhadap hasil pemasangan strain gauge dan juga pemasangan silicon sebagai pengedapnya.

5.1.2 Pelaksanaan kalibrasi.

Kalibrasi yang harus dilakukan dalam penelitian ini antara lain ialah kalibrasi pada ' Wave Probe ' dan kalibrasi pada instrumen pengukur gaya horisontal.

A. Kalibrasi pada wave probe.

Terhadap kalibrasi pada wave probe ini, langkah - langkah yang harus dilakukan antara lain ialah :

1. Pasang pemegang wave probe pada kereta, tempat yang dekat dan terletak agak depan terhadap posisi pipa uji terpasang. Lihat foto pada lampiran II .
2. Sambungkan kabel seasim, dengan bagian input pada wave probe dan bagian output pada input dari strip chart recorder.
3. Dalam keadaan ' Off ', putar pemilih mode seasim pada posisi ' Static Mode '.
4. Pindah saklar power seasim pada posisi ' On '.
5. Pasang pengukur tegangan (volt-meter) pada output seasim, di mana sambungan kabel konektor ke strip chart recorder terpasang.
6. Biarkan permukaan kolam uji menjadi cukup tenang, dan tunggu dalam waktu ± 10 menit, sehingga penunjuk volt mendekati pada harga 0 (nol).
7. Atur pengatur power dari strip chart recorder pada posisi ' On ', dan kemudian pen yang bersangkutan dengan pengukur gelombang diatur tepat pada garis tengah simpangan dan cetak garis tengah tersebut dengan panjang secukupnya. Garis ini, nantinya adalah akan berfungsi sebagai titik tengah simpangan.
8. Turunkan wave probe secukupnya yang sekiranya masih mencukupi terhadap ketinggian gelombang yang akan terjadi. Titik sentuh wave probe dengan permukaan air ini, selanjutnya menjadi titik puncak -

daripada gelombang.

9. Dengan wave probe ada pada langkah delapan, maka pengukur gelombang di strip chart akan menyimpang pula. Atur simpangan ini hingga tepat pada titik yang memberikan kemudahan pada pengamatan. Hal ini dapat dilakukan dengan jalan mengatur pengatur tegangan pada seasm. Cetak secukupnya posisi ini,

10. Kembalikan wave probe pada posisi semula, maka pen pada strip chart akan kembali ke posisi tengah pula dan selanjutnya teruskan wave probe dinaikkan sebanyak atau sepanjang ketika dia diturunkan tadi.

Di sini, simpangan pada strip chart akan menyimpang sama dengan simpangan pada langkah ke sembilan, hanya saja arahnya berlawanan. Cetak, posisi ini secukupnya dan titik ini adalah berarti lembah.

11. Tulis pemakaian semua skala, voltase pada voltmeter dan juga tanggal penelitian.

12. Kembalikan posisi probe ke posisi semula, dan dengan demikian berarti telah siaplah pengukur gelombang untuk digunakan.

B. Kalibrasi pada pengukur gaya.

Terhadap kalibrasi pada pengukur gaya horisontal ini, langkah-langkah yang harus dilaksanakan antara lain adalah :

1. Pasang pipa dalam keadaan kuat-kuat (keadaan fixed-

pemegang pipa.

2. Hidupkan amplifier dengan memutar saklar pada posisi ' On '. Setelah itu, pilih penguatan secukupnya dengan mengeceknya melalui ' Check signal '.
3. Dalam keadaan langkah ke 2, hidupkan strip chart recorder dan pilih pula penguatan yang cukup. Pada posisi pen strip chart tepat pada titik tengah, cetakkan garis tengah dengan panjang secukupnya.
4. Pasang beban pada roll ke 2 dari gambar 4.1, pilih beban yang rendah terlebih dahulu. Dengan adanya beban tersebut, maka pen pada strip chart akan menyimpang sebanding dengan gaya sebesar setengah beban.
5. Lakukan langkah ke 4 berturut-turut dengan beban ditambah sedikit demi sedikit. Dengan demikian berarti telah kita dapatkan hubungan antara gaya dengan simpangan, yang dalam beban yang kecil maka hubungannya adalah linear.
6. Lakukan langkah ke 2 sampai dengan ke 5 terhadap detektor gaya yang satunya.
7. Catat semua pemakaian skala.
8. Lepas tali plastik, pipa dan roll kalibrator, dan tempatkan kereta pada daerah gerakan yang direncanakan. Dengan demikian berarti telah siaplah pipa spesimen digunakan dalam percobaan pengukuran gaya horisontal akibat kerja arus dan gelombang.

5.1.3 Persiapan ruang kontrol.

Sebagai persiapan yang terakhir di dalam pelaksanaan penelitian ini ialah persiapan pada ruang kontrol yang pembangkit gelombang dan penarik kereta.

A. Kontrol gelombang.

Terhadap pembangkitan gelombang, persiapan yang harus dipersiapkan antara lain ialah :

1. Stabilizer ' Stabiline ' diatur ke arah ' Switch - On '.
2. Blue box (Dyna Test) dihidupkan.
3. Disk drive dari mikro komputer HP 86 B, dihidupkan dan masukkan ' Diskete ' yang berisi berisi program analog ' HPROG ' dengan bagian yang berlogam - terletak di bagian dalam.
4. Hidupkan layar monitor komputer HP 86 B.
5. Ketik LOAD " HPROG " pada layar monitor dan kemudian tekan END LINE dan selanjutnya tekan RUN.
6. Tunggu sesaat hingga pada layar muncul ' Analog - Off ' dan masukkan input yang kita persiapkan yaitu tinggi dan periode gelombang, maka di layar akan muncul informasi tentang frekwensi, panjang gelombang dan juga angka gelombang. maupun stroke.
7. Hidupkan tombol hijau yang berarti pompa sudah siap.
8. Putar tombol ' Nul Wert ' yang terletak di bagian -

tengah, sehingga display yang tadinya menunjukkan - 183 menjadi 0,000 yang berarti sayap atau flap ada dalam posisi tegak sempurna dan siap untuk dioperasikan.

9. Tekan lampu ' Grerzwert ' yang berwarna merah hingga padam.

Catatan : Sebelum langkah kesatu, hidupkan terlebih dahulu mesin hidraulik dengan jalan memutar saklar power hingga ke posisi ' On ' dan juga pencatu daya ' Voltage '.

Dengan demikian, berarti telah siaplah mesin pembangkit gelombang untuk dioperasikan. Dan untuk pengoperasian itu tinggal merubah ' Analog Off ' pada layar menjadi ' Analog On ' dengan jalan menekan ' SHIFT ' dan tombol normal yang sesuai urutan analog OFF/ON.

Dengan demikian bergeraklah flap yang menghasilkan gelombang yang diminta.

Keinginan terhadap karakter gelombang yang lain, ulangi mulai dari analog off kembali, tulis parameter lain yang dikehendaki dan selanjutnya rubah kembali dalam analog on.

B. Kontrol penarik kereta (Towing Carriage).

Terhadap penarikan kereta, kontrol yang harus dipersiapkan antara lain ialah :

1. Pasang tali pengaman sesuai dengan kebutuhan.
2. Seseorang siap di dekat ' Power Switch ' / Main switch (sakelar hitam) untuk berjaga-jaga memutar

- switch off dengan segera bila diminta oleh operator.
3. Periksa lampu kuning pada power panel (main power) agar menyala semua.
 4. Switch dari kontrol unit panel (sakelar merah) di ' On '-kan.
 5. Stabilizer " Stabiline " di switch ' On '-kan.
 6. Signal voltage " Racal Dana " dihidupkan.
 7. " Ref Signal " pada operator-box di ' Nol '-kan.
 8. Motor kontrol pada kereta dihidupkan.
 9. Tekan tombol " READY " pada operator-box.

10. Untuk gerakan maju :

- Tekan tombol forward.
- " Ref Signal " dengan satu kali gerakan cepat di-putar sampai kecepatan yang diinginkan.
- " Ref Signal di ' Nol '-kan kembali setelah kereta berhenti.

Untuk gerakan kembali mundur :

- Tekan tombol ' READY ' pada operator-box.
- Tekan ' REVERSE ' pada operator-box.
- Putar ' Ref Signal ' sesuai dengan kecepatan yang diminta.
- " Ref Signal di ' Nol '-kan kembali setelah kereta berhenti.

Catatan : Pengereman mendadak dengan menekan tombol merah pada operator-box atau pada dinding tembok dan pada kereta hanya pada salah satu tombol saja dan hanya ditekan satu kali saja, kalau tidak maka berarti pengereman menjadi

tidak berfungsi lagi.

Dengan telah siapnya pipa spesimen dan semua peralatan pada ruang kontrol, maka berarti penarikan data telah siap untuk dilaksanakan. Untuk itu, pengambilan data karakter gelombang diambil pada ketetapan yang telah diputuskan pada bab strategi penelitian.

5.2 Analisa data.

5.2.1 Transfer function.

Seperti telah penulis utarakan dalam sub bab kebutuhan peralatan, bahwasannya cara termudah dalam pengamatan hasil penelitian adalah melalui cara ' Visualisasi '. Visualisasi yang dapat disusun menjadi satu fungsi baru ini, dapat dibuat melalui kalibrasi yang telah dilakukan. Secara tak sengaja, dalam penelitian ini terhadap skala pengukuran beban tidak dilakukan perubahan, hanya saja untuk pengukuran gelombang mulai run ke-16 terjadi sekali perubahan skala. Dengan demikian berarti dalam penelitian ini, terdapat empat buah transfer function, yaitu dua untuk pengukur gaya horisontal bagian atas dan bawah, dan dua pada pengukur gelombang yaitu satu untuk run dari nomor kesatu hingga lima belas dan yang terakhir dari run ke-16 sampai run ke-30.

Yang perlu diperhatikan dalam pembuatan transfer function ini, yang terpenting adalah pemeriksaan terhadap harga-harga ' linearitas ' dari masing-masing hubungan.

Setelah melalui kalibrasi, baik pada pengukuran beban maupun pengukuran tinggi gelombang, terlihat bahwa antara beban-simpangan strip chart dan tinggi gelombang-simpangan strip chart adalah linear, sehingga di antara keempat hubungan tersebut dapat dibuatkan grafik transfer-fungsinya. Lihat grafik pada gambar 5.1.

5.2.2 Beban-beban gaya hasil penelitian.

Beban-beban gaya hasil penelitian adalah berupa data-data yang berisikan besarnya gaya-gaya yang terdeteksi melalui dua buah detektor yang kita pasang. Sebagai data yang menyertai terhadap data gaya yang berupa simpangan pada kertas strip chart adalah data ketinggian riil gelombang dan juga data kecepatan tarik daripada kereta. Pentarjamahan besarnya simpangan pada kertas strip chart sebagai penunjuk besarnya gaya yang terjadi, sekarang lebih mudah pembacaannya yaitu tinggal mengplotkan saja pada grafik transfer-function pada gambar 5.1. Demikian pula terhadap data penyertanya, yaitu tinggi gelombang riil.

Untuk mengatasi terjadinya variasi pada data yang berupa cetakan pada kertas strip chart, di sini pada setiap cetakan penulis baca sebanyak tiga tempat yang berbeda baru kemudian mengambil rata-ratanya.

Selanjutnya terhadap dua buah hasil penelitian ini penulis sebutkan sebagai 'MODE I' dan 'MODE II', dengan MODE I berarti hasil penelitian secara parsial -

sedangkan MODE II adalah berarti hasil penelitian secara simultan.

- Pada $H_o = 0,035$ meter.

Run	T	K	U	H	FMODE I	FMODE II
1	2,0	1,0528	0,1073	0,100	4,427	4,215
2	2,1	0,9701	0,1012	0,095	4,058	3,641
3	2,2	0,8997	0,1073	0,100	4,287	3,839
4	2,3	0,8390	0,1007	0,095	3,954	3,474
5	2,4	0,7864	0,1026	0,100	4,114	3,300
6	2,5	0,7404	0,1038	0,100	3,685	3,800

- Pada $H_o = 0,04$ meter.

Run	T	K	U	H	FMODE I	FMODE II
7	2,2	0,8997	0,1033	0,100	4,303	4,133
8	2,3	0,8390	0,0978	0,105	4,319	3,874
9	2,4	0,7864	0,1128	0,108	4,047	3,558
10	2,5	0,7404	0,0878	0,108	4,179	4,170
11	2,6	0,6998	0,1029	0,105	4,493	3,768
12	2,7	0,6637	0,0984	0,095	4,344	3,490

Catatan : Dalam penelitian ini, sesungguhnya ingin penulis coba harga tinggi gelombang yang lebih besar dari 0,05 m. tetapi karena harga stroke yang terjadi besar,

maka terpaksa penulis ganti dengan harga ketinggian yang lain, namun masih dalam batasan yang tetap yaitu masih ada dalam batas ketelitian dari teori Airy seperti yang telah penulis paparkan pada strategi penelitian.

Hasil analisa selanjutnya :

- Pada $H_o = 0,045$ meter.

Run	T	K	U	H	FMODE I	FMODE II
13	2,4	0,7864	0,0870	0,132	4,639	3,851
14	2,5	0,7404	0,0898	0,130	4,460	4,963
15	2,6	0,6998	0,0979	0,135	4,999	4,572
16	2,7	0,6637	0,8774	0,125	4,770	3,377
17	2,8	0,6314	0,9744	0,125	4,127	4,126
18	2,9	0,6023	0,0892	0,100	3,692	3,567

- Pada $H_o = 0,03$ meter.

Run	T	K	U	H	FMODE I	FMODE II
19	2,0	1,0528	0,1155	0,080	3,869	3,642
20	2,1	0,9701	0,0990	0,080	3,648	3,377
21	2,2	0,8997	0,0930	0,080	3,563	3,578
22	2,3	0,8390	0,0904	0,080	3,596	3,151
23	2,4	0,7864	0,0935	0,080	3,334	3,528
24	2,5	0,7404	0,0852	0,080	3,367	2,790

- Pada $H_0 = 0,025$ meter.

Run	T.	K	U	H	FMODE I	FMODE II
25	2,0	1,0528	0,0865	0,063	3,397	3,140
26	2,1	0,9701	0,0859	0,063	3,252	3,082
27	2,2	0,8997	0,0855	0,063	2,932	2,816
28	2,3	0,8390	0,0961	0,063	3,036	2,879
29	2,4	0,7864	0,0840	0,063	2,743	2,590
30	2,5	0,7404	0,0958	0,063	2,859	2,301

5.2.3 Beban gaya hasil perhitungan teori.

Perhitungan gaya horisontal secara teori, sebagai pembandingan penulis gunakan sebanyak dua buah, yang masing masing dengan menggunakan C_d dan C_i pada tabel 3.1 yang selanjutnya penulis sebut sebagai mode pembandingan ke-3 atau 'MODE III' dan yang satunya mengikuti gambar 3.3 yang selanjutnya penulis sebut sebagai 'MODE IV'.

Data-data perhitungannya sendiri, adalah sama dengan data yang dihasilkan dari percobaan sedangkan data lain adalah mengikuti data keadaan laboratorium, misalnya saja penentuan terhadap besar kekentalan kinematis air, pemakaian terhadap tabel pada lampiran III penulis dasarkan atas suhu perairan selama penelitian.

Selanjutnya, perhitungan secara teori hasil-hasil run-nya sebgaiian diantaranya penulis sertakan dalam lampiran III.

- Pada $H_o = 0,035$ meter.

Run III	Run IV	T	H	FMODE III	FMODE IV
1	31	2,0	0,100	4,906	4,995
2	32	2,1	0,095	4,512	4,443
3	33	2,2	0,100	4,769	4,717
4	34	2,3	0,095	4,368	4,340
5	35	2,4	0,100	4,539	4,449
6	36	2,5	0,100	4,499	4,381

- Pada $H_o = 0,04$ meter.

Run III	Run IV	T	H	FMODE III	FMODE IV
7	37	2,2	0,100	4,794	4,789
8	38	2,3	0,105	4,712	4,748
9	39	2,4	0,108	5,090	4,876
10	40	2,5	0,108	4,487	4,520
11	41	2,6	0,105	4,610	4,418
12	42	2,7	0,095	4,067	3,889

- Pada $H_o = 0,045$ meter.

Run III	Run IV	T	H	FMODE III	FMODE IV
13	43	2,4	0,132	5,472	5,565
14	44	2,5	0,130	5,388	5,332

15	45	2,6	0,135	5,683	5,647
16	46	2,7	0,125	4,987	4,932
17	47	2,8	0,125	5,117	5,108
18	48	2,9	0,100	3,947	3,831

- Pada $H_o = 0,030$ meter.

Run III	Run IV	T	H	FMODE III	FMODE IV
19	49	2,0	0,0800	4,218	4,117
20	50	2,1	0,0800	3,858	3,911
21	51	2,2	0,0800	3,699	3,788
22	52	2,3	0,0800	3,596	3,677
23	53	2,4	0,0800	3,586	3,602
24	54	2,5	0,0800	3,391	3,602

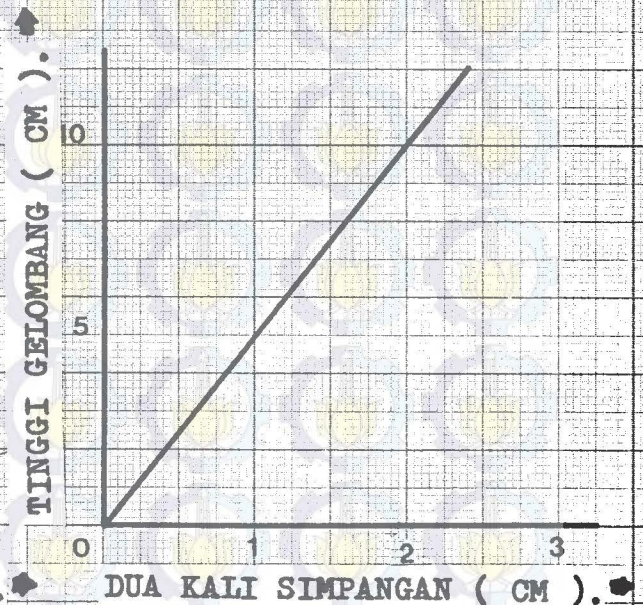
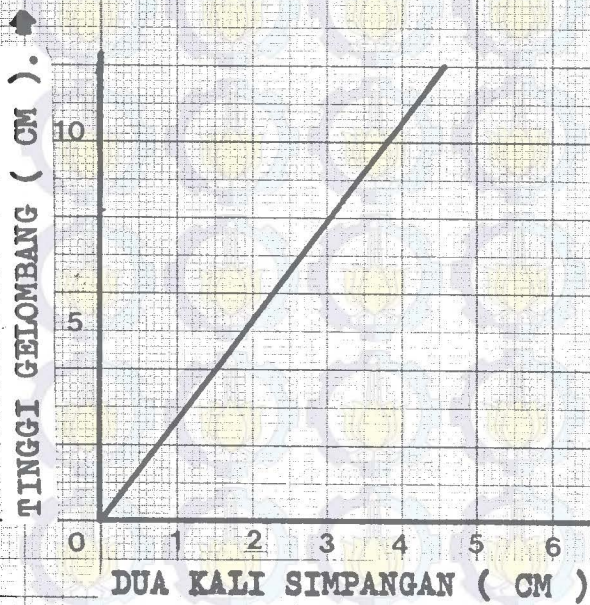
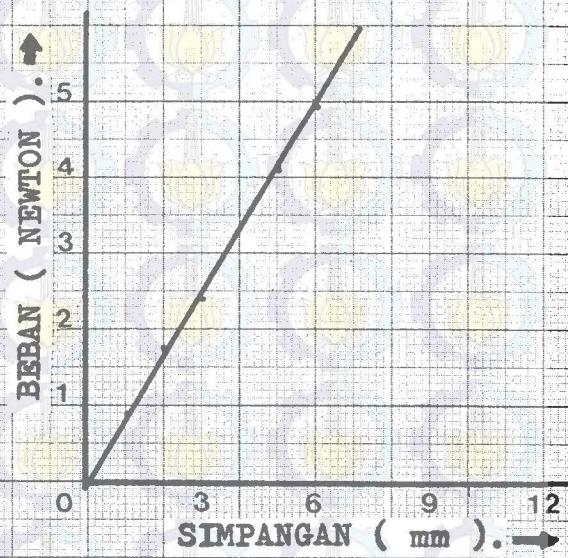
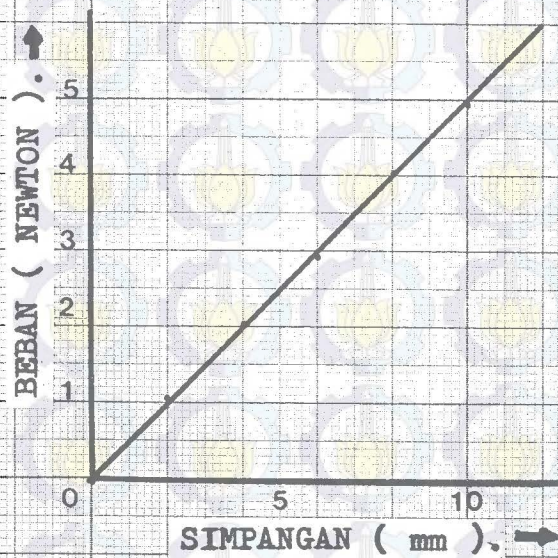
- Pada $H_o = 0,025$ meter.

Run III	Run IV	T	H	FMODE III	FMODE IV
25	55	2,0	0,0625	2,990	3,215
26	56	2,1	0,0625	2,940	3,106
27	57	2,2	0,0625	2,889	3,019
28	58	2,3	0,0625	2,890	2,946
29	59	2,4	0,0625	2,773	2,824
30	60	2,5	0,0625	2,901	2,712

5.3 Proses regresi.

Setelah data-data penelitian maupun perhitungan secara teori didapatkan, maka salah satu cara untuk dapat memberikan kesimpulan-kesimpulan adalah dengan menggunakan grafik. Adapun grafik yang dibutuhkan tersebut, dapat dibuat dengan jalan proses regresi, yang dalam hal ini adalah regresi polynomial derajat dua. Dari hasil regresi ini, dapat dibuat garis-garis yang mendekati atas hubungan antara besarnya gaya (F) dengan periode (T), yang masing-masing pada suatu ketinggian gelombang tertentu.

Sesuai dengan data hasil penelitian dan perhitungan secara teori pada sub bab 5.2.2 dan 5.2.3, maka hasil run dari proses regresi derajat dua dapat dilihat pada lampiran IV. Selanjutnya dari koefisien yang diberikan, penulis buat grafik-grafiknya. Lihat pada gambar 5.2 a s/d 5.2 e. Dalam grafik-grafik tersebut, penulis lengkapi pula dengan titik-titik tanda yang menunjukkan keadaan sebelum proses regresi. Nah, dari grafik-grafik tersebut, barulah dengan agak mudah dapat disusun beberapa kesimpulan.



Gb. 5.1 Grafik transfer function.

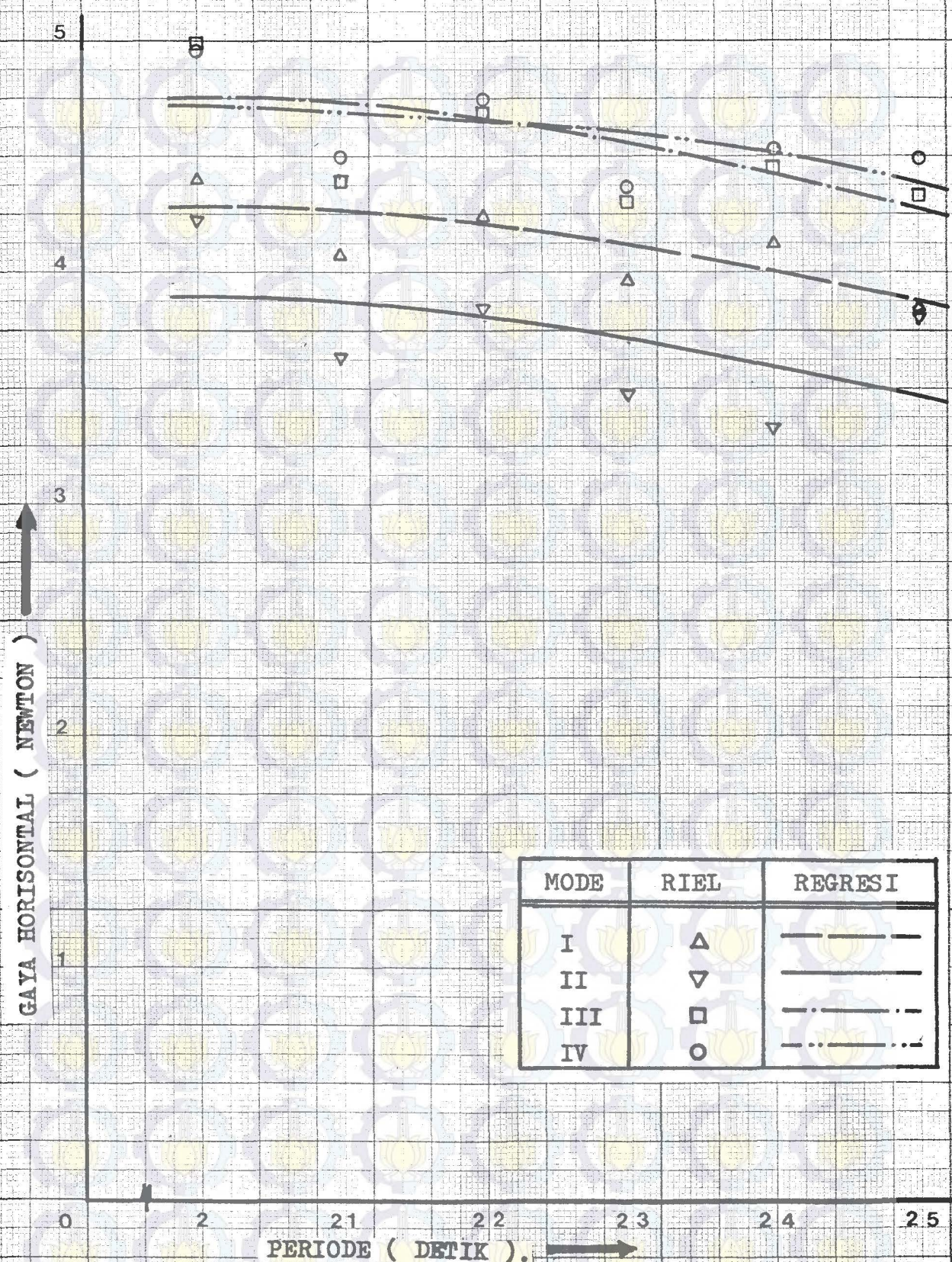
KETERANGAN : a). Detektor pipa bawah.

b). Detektor pipa atas.

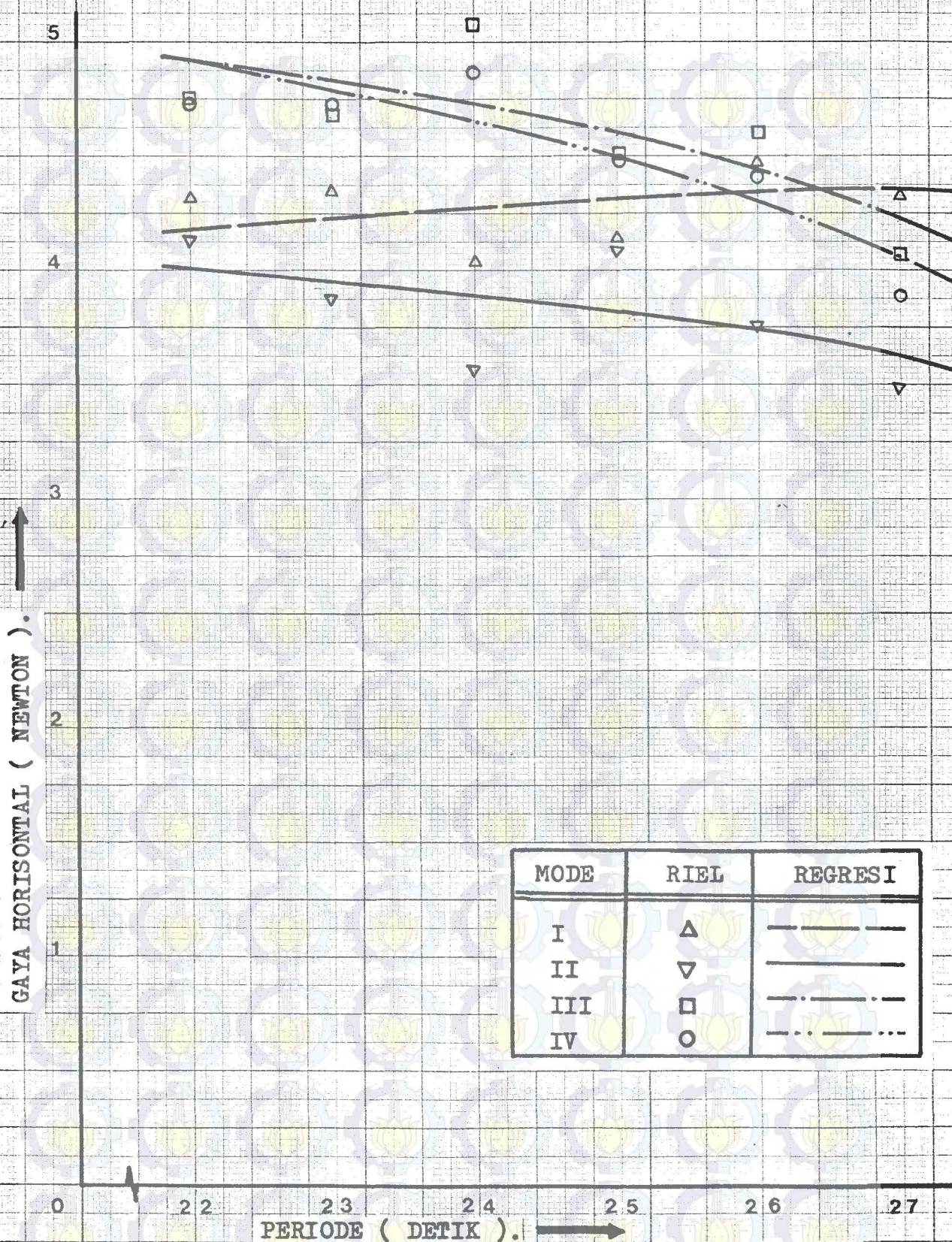
c). Kalibrasi probe dari run ke-1 - 15.

d). Kalibrasi probe dari run ke-16 - 30.

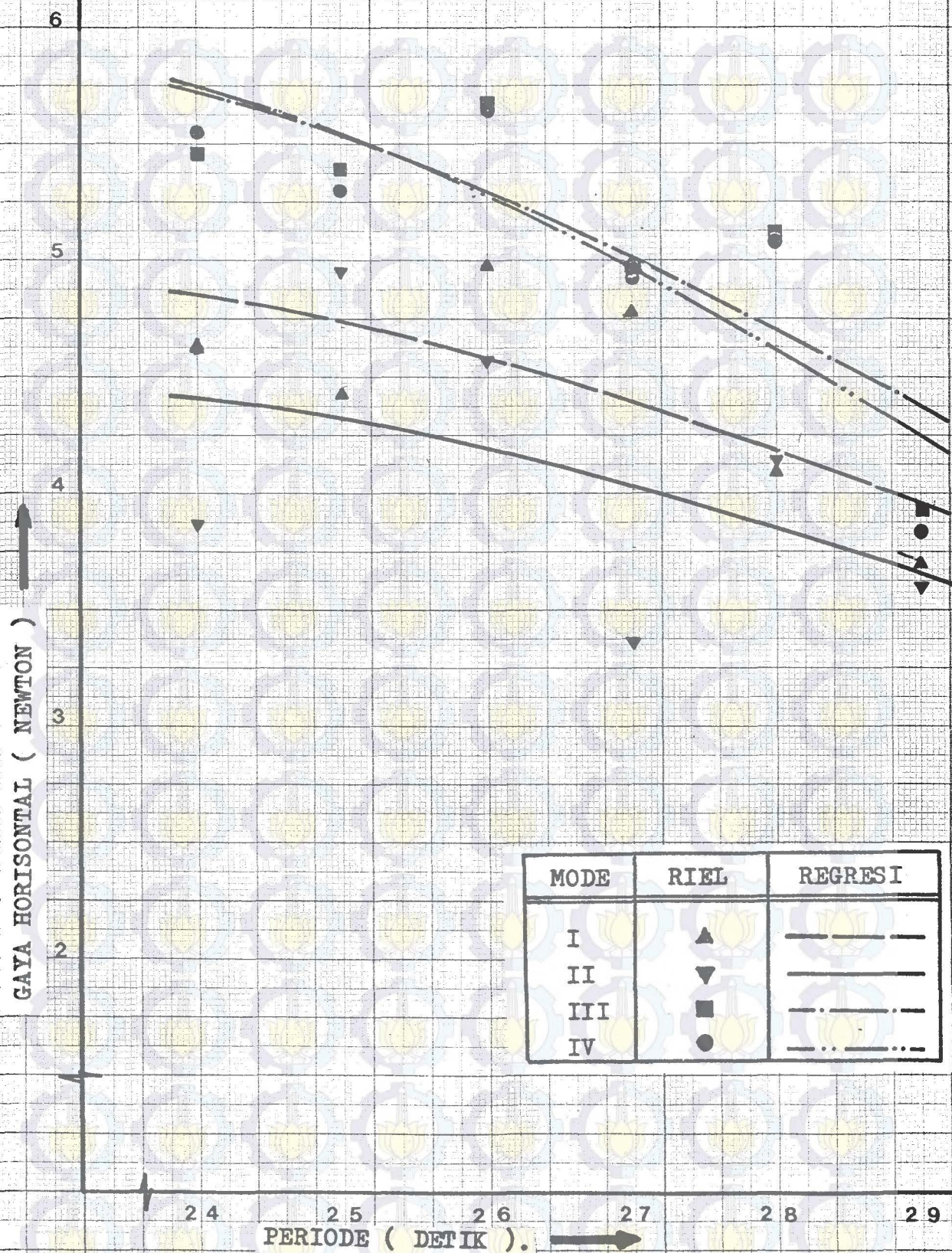
Catatan. Kalibrasi beban didasarkan atas $g = 9,81 \text{ m/det}^2$



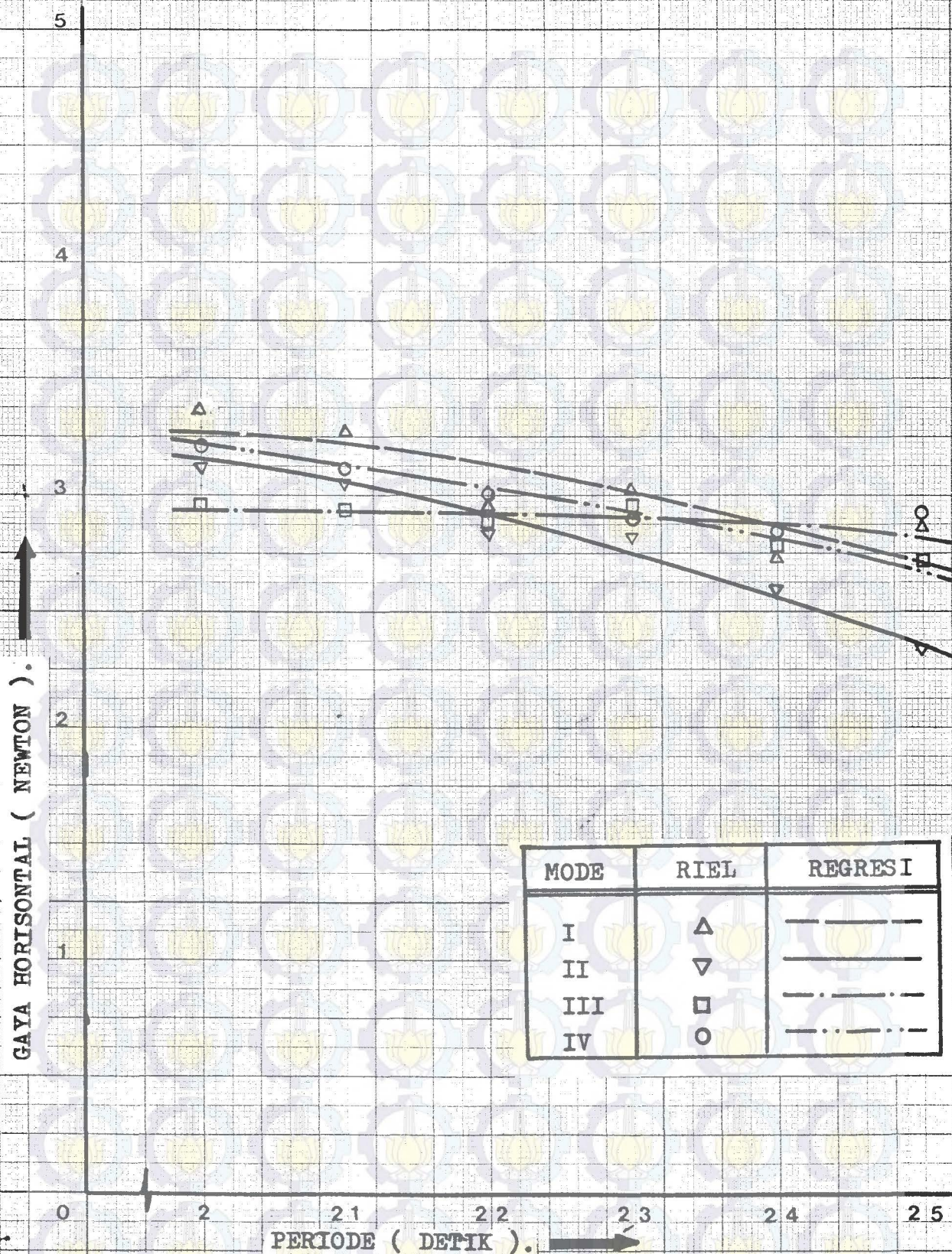
Gb. 5.2a. GAYA PADA PIPA TEGAK DENGAN $H_0 = 0,035$ m.



Gb. 5.2b. GAYA PADA PIPA TEGAK DENGAN $H_0 = 0,04$ m.



Gb. 5.2c. GAYA PADA PIPA TEGAK DENGAN $H_0 = 0,045$ m.



Gb. 5.2d. GAYA PADA PIPA TEGAK DENGAN $H_0 = 0,03$ m.

BAB VI

KESIMPULAN DAN TANGGAPAN

Dalam bab ini, berusaha penulis jawab atas tujuan penelitian yang telah penulis canangkan pada bab II, yang isinya meliputi pula kesimpulan dan pengidentifikasian masalah baru.

6.1 Jawab atas tujuan.

Terhadap penentuan besarnya gaya horisontal pada pipa tegak oleh pengaruh kerja arus dan gelombang, baik secara penelitian maupun secara teori dapat dilihat pada tabel-tabel yang diberikan oleh sub bab 5.2.2 dan 5.2.3, atau pada grafik hasil regresi.

Terhadap penyetaraan di antara keempat mode, besar gaya hasil penelitian terhadap besar gaya hasil teori mempunyai faktor pembagi sebesar :

1. Pada $H_o = 0,035$ meter.

- Penelitian secara partial, harganya sebesar 90 %.
- Penelitian secara simultan, harganya sebesar 82 %.

2. Pada $H_o = 0,04$ meter.

- Secara parsial sebesar 92 %.
- Secara simultan sebesar 82 %.

3. Pada $H_o = 0,045$ meter.

- secara parsial sebesar 87 %.
- secara simultan sebesar 78 %.

4. Pada $H_o = 0,03$ meter, diantara keempat mode perbandingan baik secara teori maupun penelitian mempunyai hasil hampir sama.
5. Pada $H_o = 0,025$ m.
 - Secara parsial, faktor pembagi sebesar 97 %.
 - Secara simultan, faktor pembagi sebesar 91 %.
6. Rata-rata harga perbedaan antara hasil perhitungan secara simultan dan parsial, didasarkan pada hasil perhitungan teori adalah sekitar 5,8 %.

Untuk memberikan penegasan, maka jawaban dari tujuan yang selanjutnya penulis utarakan dalam pembahasan tersendiri selanjutnya.

6.2 Penilaian dan tanggapan.

Dari data-data penelitian, perhitungan teori serta penyetaraan yang sudah penulis utarakan, maka dapat diutarakan sebagai berikut, :

1. Pada suatu periode yang tetap (sekitar 2 - 2,5 det.), output tinggi gelombang adalah sekitar 2,5 kali tinggi gelombang input yang disampaikan pada komputer pengontrol HP 86 B. Kenyataan ini mengakibatkan bahwasannya pesanan tinggi gelombang yang rendah akan mengakibatkan rendahnya penyimpangan pula. Bersamaan dengan itu, ternyata pesanan tinggi gelombang yang menurun mengakibatkan angka perbandingan antara teori dan penelitian adalah semakin baik. Terhadap kenyataan ini, yang dapat penulis katakan adalah ' sesuai ' dan juga

'mendukung' pada validitas dari grafik region of validity. Hal ini dapat diterangkan, karena semakin turunnya pesanan tinggi gelombang mempunyai akibat turunnya pula harga penyimpangan tinggi gelombang output, sedangkan tinggi gelombang pesanan adalah penulis pilih dari ketelitian teori Airy (sub 4.1.2). Dalam keadaan parameter kedalaman dan angka gravitasi tetap hal ini adalah berarti merupakan kegiatan penggeseran daerah validitas, yaitu dari teori Stokes 2nd order ke teori Airy.

2. Kebalikan dari kesimpulan kesatu, pemilihan besar periode dan tinggi gelombang yang semakin tinggi, mengakibatkan turunnya ketelitian karena semakin tidak terpenuhinya teori Airy, yang dalam pelaksanaan penelitian, munculnya gelombang Stokes dapat dilihat dengan wujud gelombang yang mempunyai puncak runcing dan lembah gelombang yang sangat landai.
3. Faktor lain yang mengakibatkan kekurangan telitian perbandingan adalah karena tidak dilakukannya koreksi terperiode yang riil, juga keterbukaan perairan.

Sedangkan ketidak sesuaian antara hasil penelitian secara teori dan simultan, disebabkan oleh tidak berhasil dengan baiknya visualisasi pada pembebanan karena beban arus murni, disamping harganya yang kecil penyimpangan pembacaan 0,2 mm saja akan memberikan simpangan harga gaya drag sekitar 0,3 Newton, dan harga ini, dalam keadaan ini adalah sangat memberikan arti.

Selanjutnya terhadap perhitungan gaya horisontal pada pipa tegak akibat beban arus dan gelombang ini, dapat penulis tanggap bahwa, :

" Karakter gelombang yang memenuhi persyaratan validitas-teori Airy, yang dihitung secara simultan serta didasar - pada grafik C_i dan C_d baik dari Chakrabarti maupun Mousselli adalah memberikan hasil yang cukup aman. Dalam penelitian yang penulis lakukan di lab. Hidrodinamika ITS - hasil perhitungan teori tersebut memberikan harga sekitar 7,3 % lebih tinggi dari hasil penelitian. ".

6.3 Identifikasi subyek penelitian baru.

Setelah mengamati pelaksanaan tugas akhir yang berupa penelitian ini, yaitu mulai dari penyusunan teori, pembuatan model , pelaksanaan dan analisa penelitian, maka dapat penulis utarakan beberapa catatan yang sekiranya dapat dijadikan pertimbangan/ subjek penelitian baru. Catatan tersebut antara lain ialah, :

1. Analisa statistik terhadap hubungan antara tinggi gelombang input dan output pada setiap keadaan periode, sehingga dari sana selanjutnya akan dapat dibuat satu pedoman pemilihan tinggi gelombang input, bila tinggi gelombang outputnya sudah ditetapkan.
2. Identik dengan catatan nomor satu tetapi juga memperhatikan periode gelombang riil.
3. Pengaruh tata-letak spesimen dalam penelitian, yang menyangkut posisi dari pinggir kolam, juga keterbukaan -

terhadap pemegangan spesimen.

4. Pengembangan dari nomor tiga, bagaimana apabila ada dua buah spesimen dalam selang jarak dan sudut tertentu.

Demikian catatan yang penulis perhatikan, dan sebagai penutup laporan tugas akhir, semoga apa yang sudah penulis lakukan dan juga kegiatan-kegiatan kemajuan penelitian yang akan ^{datang,} dapat memberikan tambahan khasanah pengetahuan, guna menyongsong hari esok yang lebih baik.

(Sugeng R, laboratorium hidroninamika FTK ITS, 25-11-'87)

DAFTAR PUSTAKA

- 1). W.G. Price & R.E.D. Bishop, ' Probabilistic Theory - of Ship Dynamics ', Chapman and Hall, London, 1974, Halaman 220 - 224.
- 2). C.A. Brebbia & S. Walker, ' Dynamic Analysis of Off-shore Structures ', Butterworth & Co Ltd, 1979, Halaman 133 dan 124.
- 3). Thomas H. Dawson, ' Offshore Structural Engineering- ', Prentice-Hall Inc, Englewood, New Jersey, Halaman 99 - 100.
- 4). A.H. Mousselli, ' Offshore Pipeline Design, Analysis and Methods ', PennWell Publishing Company, Oklahoma -, 1981, Halaman 43.
- 5). S.P. Garg, ' Fortran IV and Engineering Applications - ', Nemchand & Bros Roorkee, New Delhi, 1976, halaman 256 - 261.
- 6). U.S. Army Coastal Eng. Riset Centre, ' Shore Protection Manual ', Water-ways Experiment Station, Corps-of Engineers, Vicksburg Mississippi 39180, 1984.

LAMPIRAN I.1

```
=====
C  PENDUKUNG TUGAS AKHIR KESATU
C
C  NAMA PROGRAM : PERHITUNGAN GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK
C                  OLEH PENGARUH KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA
C                  SIMULTAN
C
C  OLEH
C  NAMA           : BUGENG RIYONO.
C  NRP            : 4634300023.
C  JURUSAN        : PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN.
C
C  PEMBIMBING     : IR. ARIEF SOEROSO.
C
C  =====
C
C  *** DATA-DATA PERCOBAAN :
C
C      WRITE(*,5)
C      5 FORMAT(/23X,'GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK')
C      WRITE(*,6)
C      6 FORMAT(15X,'AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN')
C      WRITE(*,7)
C      7 FORMAT(20X,'PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS')
C      WRITE(*,8)
C      8 FORMAT(15X,'=====')
C      WRITE(*,10)
C      10 FORMAT(/7X,'TINGGI GELOMBANG (M) .....= \'')
C      READ(*,*)H
C      WRITE(*,20)
C      20 FORMAT(7X,'PERIODE GELOMBANG (SEC.) ...= \'')
C      READ(*,*)T
C      WRITE(*,30)
C      30 FORMAT(7X,'ANGKA GELOMBANG (/M) .....= \'')
C      READ(*,*)FK
C      WRITE(*,40)
C      40 FORMAT(7X,'VISCOSITAS KINEMATIS (M*2/S)= \'')
C      READ(*,*)D
C      WRITE(*,50)
C      50 FORMAT(7X,'MASSA JENIS AIR (KG/M*3.)...= \'')
C      READ(*,*)P
C      WRITE(*,60)
C      60 FORMAT(7X,'KECEPATAN TARIK (M/S) .....= \'')
C      READ(*,*)V
C      WRITE(*,70)
C      70 FORMAT(7X,'DIAMETER PIPA (M) .....= \'')
C      READ(*,*)D
C      WRITE(*,80)
C      80 FORMAT(7X,'KEDALAMAN KOLAM UJI (M) ....= \'')
C      READ(*,*)Y
C      WRITE(*,90)
C      90 FORMAT(7X,'BATAS ATAS PIPA .....= \'')
C      READ(*,*)A
C      WRITE(*,100)
C      100 FORMAT(7X,'BATAS BAWAH PIPA .....= \'')
```


LAMPIRAN I.2

```

C      READ(*,*)B
C      PHI=3.141592654
C
C *** PENCARIAN HARGA-HARGA KONSTANTA :
C
C      CATATAN ISTILAH PENTING DI DALAM PROGRAM :
C
C      WE : FREWK. OF ENCOUNTERING.
C      TE : PERIODE OF ENCOUNTERING.
C      UMR : KECEPATAN RATA-RATA SEPANJANG PILE PADA SLOPE 120 DER.
C      UMRG : BESARNYA UMR DIGABUNG DENGAN KECEPATAN ARUS.
C      BRE : BILANGAN REYNOLDS.
C      BKC : BILANGAN KEULEGAN KARPENTER.
C      UR : KECEPATAN RATA-RATA SEPANJANG PILE PADA SEMBARANG SLOPE.
C      DUR : DERIVAT KESATU DARI UR TERHADAP WAKTU.
C      URSIM : GABUNGAN ANTARA UR DENGAN KECEPATAN ARUS.
C      FI : GAYA INERTIA.
C      FD : GAYA DRAG.
C      FT : GAYA TOTAL.
C
C      METODE INI, BERLAKU UNTUK PERHITUNGAN GAYA TERHADAP PILE
C      TEGAK UNTUK SETIAP SATUAN PANJANG.
C      W=2.*PHI/T
C      WE=W+V*W**2./9.81
C      TE=2.*PHI/WE
C      WRITE(*,120)TE
120  FORMAT(/7X,'PERIODE ENCOUNTER (S).....='F4.2)
C      COSHKL=COSH(FK*A)-COSH(FK*B)
C      SINHLK=SINH(FK*A)-SINH(FK*B)
C      URM=WE*H*SINHLK*COS(120/PHI)/(2.*FK*(A-B)*SINH(FK*Y))
C      UMRG=URM+V
C      BRE=P*UMRG*D/D
C      BKC=UMRG*TE/D
C      WRITE(*,130)UMRG
130  FORMAT(7X,'KEC. RATA MAKSIMUM (M/S) ...='F7.6)
C      WRITE(*,140)BRE
140  FORMAT(7X,'ANGKA REYNOLDS .....='F10.1)
C      WRITE(*,150)BKC
150  FORMAT(7X,'ANGKA KARPENTER .....='F5.2)
C      WRITE(*,160)
160  FORMAT(7X,'KOEFSIEN DRAG .....='F)
C      READ(*,*)CD
C      WRITE(*,170)
170  FORMAT(7X,'KOEFSIEN INERSIA .....='F)
C      READ(*,*)CI
C
C *** PERHITUNGAN GAYA DAN PEMBUATAN TABEL HARGA :
C
C      WRITE(*,177)
177  FORMAT(7X,'BATAS ATAS SUDUT .....='F)
C      READ(*,*)L
C      WRITE(*,178)

```


LAMPIRAN I.3

```

178 FORMAT(7X,'BATAS BAWAH SUDUT .....= '\)
    READ(*,*)M
    WRITE(*,179)
179 FORMAT(7X,'SELANG SUDUT PEMERIKSAAN ...= '\)
    READ(*,*)N
    WRITE(*,180)
180 FORMAT(/7X,'SLOPE',2X,'URSIM',6X,'UDOT',6X,'FD',8X,'FI',8X,
    + 'FT')
    WRITE(*,190)
190 FORMAT(8X,'DER',4X,'M/S',6X,'M/S**2',5X,'N',9X,'N',9X,
    + 'N',/7X,
    + '===== ',/)
    DO 200 I=M,L,N
    R=FLOAT(I)*2.*PHI/360.
    UR=WE*H*SINHL* $\cos(R)$ /(2.*FK*(A-B)*SINH(FK*Y))
    DUR=- (WE**2.*H*SINHL*SIN(R)/(2.*FK*(A-B)*SINH(FK*Y)))
    URSIM=UR-V
    FI=P*PHI*D**2.*DUR*(A-B)*CI/4.
    FD=0.5*P*CD*D*ABS(URSIM)*URSIM*(A-B)
    FT=FD+FI
    WRITE(*,210) I,URSIM,DUR,FD,FI,FT
210 FORMAT(8X,I3,3X,F7.4,3X,F7.4,4X,F7.4,3X,F7.4,3X,F8.5)
200 CONTINUE
    STOP
    END

```


LAMPIRAN I.4

```

PROGRAM PENYELESAIAN METHODE LEAST SQUARE
DALAM PERSAMAAN POLINOMIAL DERAJAD TIGA

SEBAGAI PENDUKUNG PENYELESAIAN PENELITIAN TUGAS AKHIR I
PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS

OLEH
NAMA      : SUBENG RIYONO
NRP       : 4834300023
PEMBIMBING : IR. ARIEF SUROSO
=====

WRITE(*,10)
10 FORMAT(/12X,'PENYELESAIAN METHODE LEAST SQUARE DERAJAD TIGA')
WRITE(*,20)
20 FORMAT(/17X,'PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS ',12X,
+ '=====')
WRITE(*,30)
30 FORMAT(////6X,'DATA MASUKAN :')
WRITE(*,40)
40 FORMAT(/8X,'* JUMLAH PASANGAN BILANGAN = ',\,)
READ(*,*)M
A=0.
B=0.
C=0.
D=0.
E=0.
H=0.
G=0.
DO 50 I=1,M
WRITE(*,60)
60 FORMAT(/10X,'T = ',\)
READ(*,*)T
WRITE(*,70)
70 FORMAT(10X,'F = ',\)
READ(*,*)F
A=A+T
B=B+T**2.
C=C+T**3.
D=D+T**4.
E=E+F
H=H+T*F
G=G+F*T**2.
50 CONTINUE
DET=3.*B*D+2.*A*B*C-B**3-D*A**2-3.*C**2
C1=(E*(B*D-C**2.))-H*(A*D-B*C)+G*(A*C-B**2.))/DET
C2=(H*(3.*D-B**2.))-E*(A*D-B*C)-G*(3.*C-A*B))/DET
C3=(E*(A*C-B**2.))-H*(3.*C-A*B)+G*(3.*B-A**2.))/DET
WRITE(*,80)

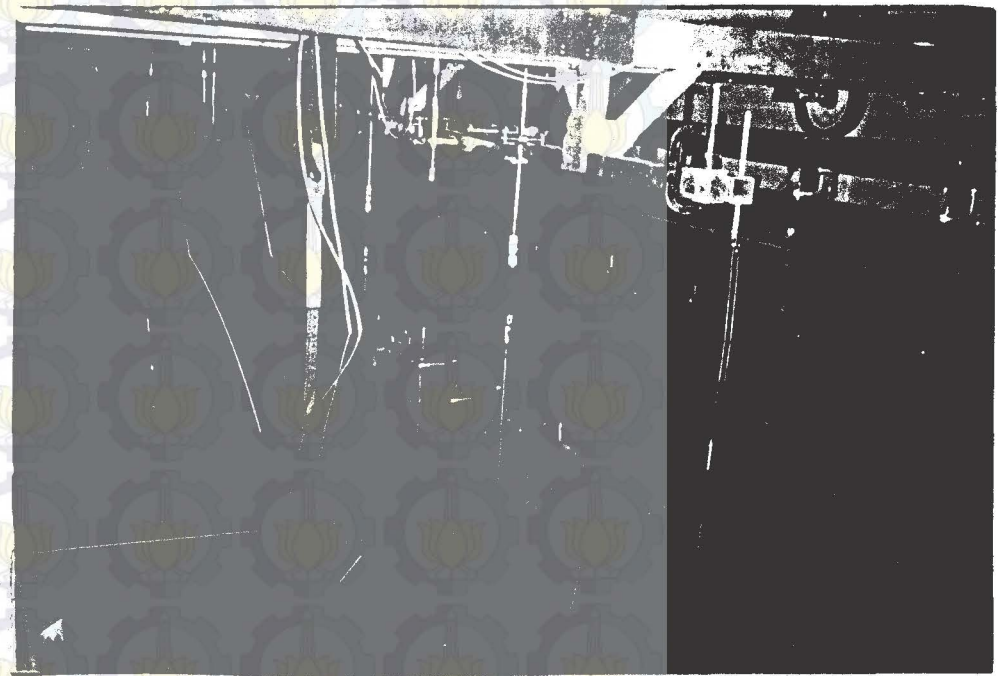
```


LAMPIRAN I.5

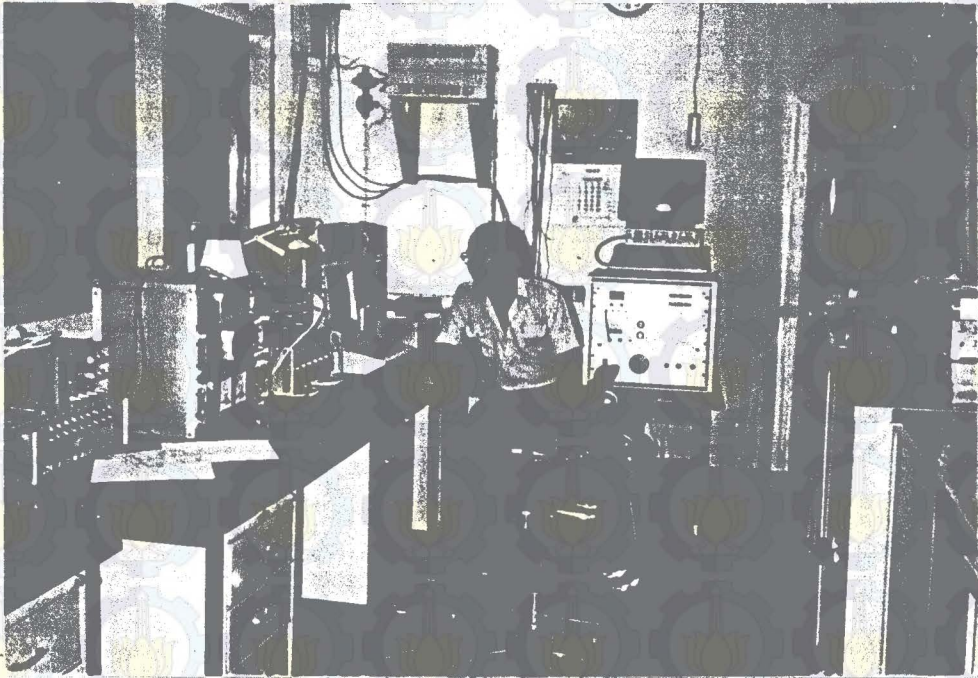
```
90 FORMAT(/78X,'* PERSAMAANNYA ANDA,  $F = C1 + C2.T + C3.T**2$  ,DAN ')
WRITE(*,100)
100 FORMAT(/10X,'C1      C2      C3',10X,
+ '-----')
WRITE(*,110)C1,C2,C3
110 FORMAT(/10X,F5.3,4X,F5.3,4X,F5.3)
STOP
END
```



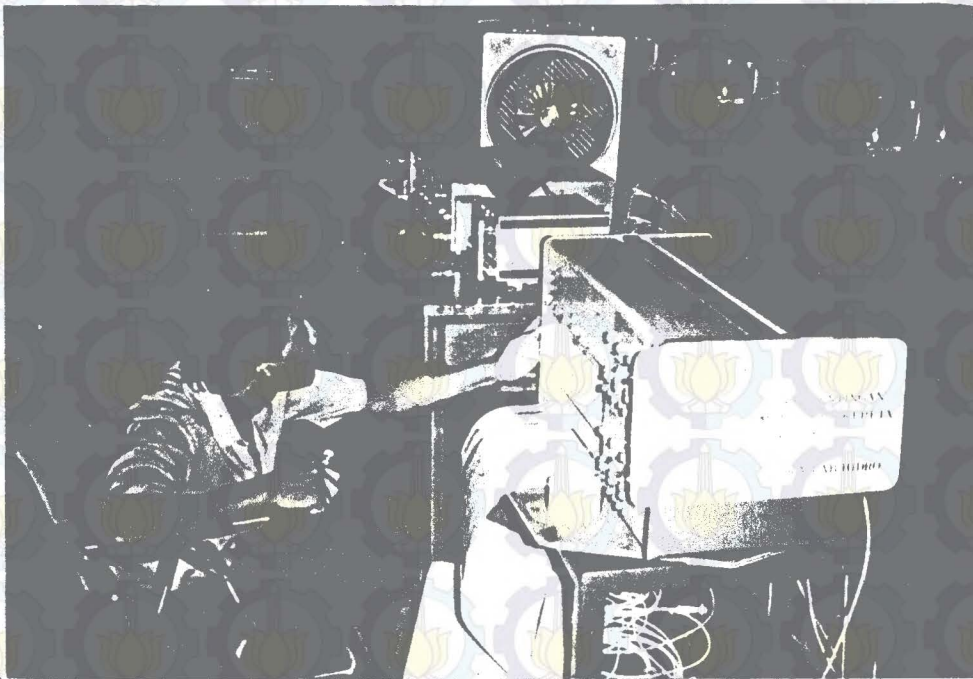

SPESIMEN DI LUAR KOLAM (SEBELUM KALIBRASI)



SPESIMEN DI DALAM KOLAM (SETELAH KALIBRASI)



RUANG KONTROL PEMBANGKIT-GELOMBANG/KECEPATAN KERETA



KEGIATAN VISUALISASI, BESERTA PERLENGKAPANNYA



PENAMPAKAN HASIL VISUALISASI PENELITIAN

LAMPIRAN III.1

GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 01

TINGGI GELOMBANG (M) = 0.10
 PERIODE GELOMBANG (SEC.) = 2
 ANGKA GELOMBANG (/M)..... = 1.0528
 VISCOSITAS KINEMATIS (M²/S) = 0.000001
 MASSA JENIS AIR (KG/M³.)..... = 1000
 KECEPATAN TARIK (M/S) = 0.10731143
 DIAMETER PIPA (M) = 0.09
 KEDALAMAN KOLAM UJI (M) = 1.83
 BATAS ATAS PIPA = 1.63
 BATAS BAWAH PIPA = 0.55

PERIODE ENCOUNTER (S)..... = 1.93
 KEC. RATA MAKSIMUM (M/S) ... = .184997
 ANGKA REYNOLDS = 16649.7
 ANGKA KARPENTER = 3.97
 KOEFISIEN DRAG = 1.3
 KOEFISIEN INERSIA = 2.0
 BATAS ATAS SUDUT = 180
 BATAS BAWAH SUDUT = 0
 SELANG SUDUT PEMERIKSAAN ... = 10

SLOPE DER	URSIM M/S	UDOT M/S**2	FD N	FI N	FT N
0	-.0189	.0000	-.0225	.0000	-.02253
10	-.0202	-.0499	-.0258	-.6857	-.71152
20	-.0242	-.0983	-.0370	-1.3505	-1.38756
30	-.0307	-.1437	-.0597	-1.9743	-2.03398
40	-.0396	-.1847	-.0989	-2.5381	-2.63707
50	-.0505	-.2201	-.1609	-3.0248	-3.18577
60	-.0631	-.2489	-.2515	-3.4196	-3.67115
70	-.0771	-.2700	-.3752	-3.7105	-4.08575
80	-.0920	-.2830	-.5342	-3.8886	-4.42289
90	-.1073	-.2874	-.7276	-3.9486	-4.67620
100	-.1227	-.2830	-.9507	-3.8886	-4.83933
110	-.1376	-.2700	-1.1955	-3.7105	-4.90597
120	-.1515	-.2489	-1.4506	-3.4196	-4.87024
130	-.1642	-.2201	-1.7025	-3.0248	-4.72728
140	-.1751	-.1847	-1.9360	-2.5381	-4.47417
150	-.1839	-.1437	-2.1365	-1.9743	-4.11086
160	-.1904	-.0983	-2.2906	-1.3505	-3.64111
170	-.1944	-.0499	-2.3876	-.6857	-3.07326
180	-.1957	.0000	-2.4207	.0000	-2.42070

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam:21:49:09.00

LAMPIRAN III.2

GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 02

TINGGI GELOMBANG (M) = 0.095
 PERIODE GELOMBANG (SEC.) = 2.1
 ANGKA GELOMBANG (/M)..... = 0.9701
 VISCOSITAS KINEMATIS (M²/S) = 0.000001
 MASSA JENIS AIR (KG/M³.).... = 1000
 KECEPATAN TARIK (M/S) = 0.101151176
 DIAMETER PIPA (M) = 0.09
 KEDALAMAN KOLAM UJI (M) = 1.83
 BATAS ATAS PIPA = 1.63
 BATAS BAWAH PIPA = 0.55

PERIODE ENCOUNTER (S)..... = 2.04
 KEC. RATA MAKSIMUM (M/S) = .176945
 ANGKA REYNOLDS = 15925.0
 ANGKA KARPENTER = 4.01
 KOEFISIEN DRAG = 1.3
 KOEFISIEN INERSIA = 2.0
 BATAS ATAS SUDUT = 180
 BATAS BAWAH SUDUT = 0
 SELANG SUDUT PEMERIKSAAN = 10

SLOPE DER	URSIM M/S	UDOT M/S**2	FD N	FI N	FT N
0	-.0149	.0000	-.0140	.0000	-.01398
10	-.0162	-.0462	-.0166	-.6350	-.65151
20	-.0201	-.0910	-.0255	-1.2506	-1.27609
30	-.0264	-.1330	-.0441	-1.8283	-1.87243
40	-.0351	-.1710	-.0777	-2.3504	-2.42806
50	-.0457	-.2038	-.1319	-2.8011	-2.93301
60	-.0580	-.2304	-.2126	-3.1667	-3.37931
70	-.0716	-.2501	-.3243	-3.4360	-3.76033
80	-.0862	-.2621	-.4691	-3.6010	-4.07014
90	-.1012	-.2661	-.6464	-3.6566	-4.30300
100	-.1161	-.2621	-.8521	-3.6010	-4.45311
110	-.1307	-.2501	-1.0786	-3.4360	-4.51465
120	-.1443	-.2304	-1.3154	-3.1667	-4.48204
130	-.1566	-.2038	-1.5496	-2.8011	-4.35065
140	-.1672	-.1710	-1.7671	-2.3504	-4.11754
150	-.1759	-.1330	-1.9541	-1.8283	-3.78241
160	-.1822	-.0910	-2.0979	-1.2506	-3.34854
170	-.1861	-.0462	-2.1885	-.6350	-2.82346
180	-.1874	.0000	-2.2194	.0000	-2.21944

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam:21:53:41.76

LAMPIRAN III.3

GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 03

TINGGI GELOMBANG (M)= 0.10
PERIODE GELOMBANG (SEC.)= 2.2
ANGKA GELOMBANG (/M).....= 0.8997
VISCOSITAS KINEMATIS (M²/S)= 0.000001
MASSA JENIS AIR (KG/M³.)....= 1000
KECEPATAN TARIK (M/S)= 0.107297151
DIAMETER PIPA (M)= 0.09
KEDALAMAN KOLAM UJI (M)= 1.83
BATAS ATAS PIPA= 1.63
BATAS BAWAH PIPA= 0.55

PERIODE ENCOUNTER (S).....= 2.13
KEC. RATA MAKSIMUM (M/S)= .189188
ANGKA REYNOLDS= 17027.0
ANGKA KARPENTER= 4.48
KOEFSISIEN DRAG= 1.3
KOEFSISIEN INERSIA= 2.0
BATAS ATAS SUDUT= 180
BATAS BAWAH SUDUT= 0
SELANG SUDUT PEMERIKSAAN= 10

SLOPE DER	URSIM M/S	UDOT M/S**2	FD N	FI N	FT N
0	-.0141	.0000	-.0125	.0000	-.01253
10	-.0155	-.0477	-.0152	-.6551	-.67027
20	-.0197	-.0939	-.0245	-1.2903	-1.31482
30	-.0266	-.1373	-.0446	-1.8863	-1.93089
40	-.0359	-.1765	-.0814	-2.4250	-2.50635
50	-.0474	-.2103	-.1418	-2.8900	-3.03179
60	-.0607	-.2378	-.2327	-3.2672	-3.49985
70	-.0754	-.2580	-.3593	-3.5451	-3.90440
80	-.0911	-.2704	-.5245	-3.7153	-4.23973
90	-.1073	-.2745	-.7274	-3.7726	-4.49995
100	-.1235	-.2704	-.9634	-3.7153	-4.67866
110	-.1392	-.2580	-1.2238	-3.5451	-4.76892
120	-.1539	-.2378	-1.4965	-3.2672	-4.76369
130	-.1672	-.2103	-1.7666	-2.8900	-4.65655
140	-.1787	-.1765	-2.0177	-2.4250	-4.44266
150	-.1880	-.1373	-2.2336	-1.8863	-4.11992
160	-.1949	-.0939	-2.3998	-1.2903	-3.69006
170	-.1991	-.0477	-2.5044	-.6551	-3.15955
180	-.2005	.0000	-2.5402	.0000	-2.54020

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam:21:45:13.70

LAMPIRAN III.4

GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 04

TINGGI GELOMBANG (M)= 0.095
PERIODE GELOMBANG (SEC.)= 2.3
ANGKA GELOMBANG (/M).....= 0.8390
VISCOSITAS KINEMATIS (M*2/S)= 0.000001
MASSA JENIS AIR (KG/M*3.)....= 10000
KECEPATAN TARIK (M/S)= 0.100692086
DIAMETER PIPA (M)= 0.09
KEDALAMAN KOLAM UJI (M)= 1.83
BATAS ATAS PIPA= 1.63
BATAS BAWAH PIPA= 0.55

PERIODE ENCOUNTER (S).....= 2.24
KEC. RATA MAKSIMUM (M/S)= .180001
ANGKA REYNOLDS= 16200.1
ANGKA KARPENTER= 4.47
KOEFSISIEN DRAG= 1.3
KOEFSISIEN INERSIA= 2.0
BATAS ATAS SUDUT= 180
BATAS BAWAH SUDUT= 10
SELANG SUDUT PEMERIKSAAN= 10

SLOPE DER	URSIM M/S	UDOT M/S**2	FD N	FI N	FT N
10	-.0118	-.0440	-.0088	-.6050	-.61375
20	-.0159	-.0867	-.0159	-1.1916	-1.20746
30	-.0225	-.1268	-.0320	-1.7420	-1.77397
40	-.0315	-.1630	-.0628	-2.2394	-2.30225
50	-.0427	-.1942	-.1150	-2.6688	-2.78383
60	-.0556	-.2196	-.1950	-3.0172	-3.21214
70	-.0698	-.2382	-.3080	-3.2738	-3.58176
80	-.0850	-.2497	-.4566	-3.4310	-3.88762
90	-.1007	-.2535	-.6406	-3.4839	-4.12449
100	-.1164	-.2497	-.8556	-3.4310	-4.28654
110	-.1316	-.2382	-1.0937	-3.2738	-4.36747
120	-.1458	-.2196	-1.3436	-3.0172	-4.36077
130	-.1587	-.1942	-1.5917	-2.6688	-4.26048
140	-.1698	-.1630	-1.8226	-2.2394	-4.06205
150	-.1789	-.1268	-2.0215	-1.7420	-3.76346
160	-.1855	-.0867	-2.1746	-1.1916	-3.36618
170	-.1896	-.0440	-2.2711	-.6050	-2.87612
180	-.1910	.0000	-2.3041	.0000	-2.30412

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam:21:59:54.92

LAMPIRAN III.5

GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 05

TINGGI GELOMBANG (M)= 0.1
PERIODE GELOMBANG (SEC.)= 2.4
ANGKA GELOMBANG (/M).....= 0.7864
VISCOSITAS KINEMATIS (M²/S)= 0.000001
MASSA JENIS AIR (KG/M³.)....= 1000
KECEPATAN TARIK (M/S)= 0.102578868
DIAMETER PIPA (M)= 0.09
KEDALAMAN KOLAM UJI (M)= 1.83
BATAS ATAS PIPA= 1.63
BATAS BAWAH PIPA= 0.55

PERIODE ENCOUNTER (S).....= 2.34
KEC. RATA MAKSIMUM (M/S)= .187634
ANGKA REYNOLDS= 16887.1
ANGKA KARPENTER= 4.87
KOEFSISIEN DRAG= 1.3
KOEFSISIEN INERSIA= 2.0
BATAS ATAS SUDUT= 180
BATAS BAWAH SUDUT= 0
SELANG SUDUT PEMERIKSAAN= 10

SLOPE DER	URSIM M/S	UDOT M/S**2	FD N	FI N	FT N
0	-.0058	.0000	-.0021	.0000	-.00210
10	-.0072	-.0452	-.0033	-.6214	-.62468
20	-.0116	-.0891	-.0085	-1.2239	-1.23237
30	-.0187	-.1302	-.0222	-1.7892	-1.81135
40	-.0284	-.1674	-.0510	-2.3001	-2.35113
50	-.0403	-.1995	-.1028	-2.7412	-2.84403
60	-.0542	-.2255	-.1854	-3.0990	-3.28435
70	-.0695	-.2447	-.3049	-3.3626	-3.66744
80	-.0858	-.2565	-.4647	-3.5240	-3.98875
90	-.1026	-.2604	-.6648	-3.5784	-4.24318
100	-.1194	-.2565	-.9006	-3.5240	-4.42459
110	-.1357	-.2447	-1.1633	-3.3626	-4.52587
120	-.1510	-.2255	-1.4403	-3.0990	-4.53930
130	-.1648	-.1995	-1.7162	-2.7412	-4.45736
140	-.1767	-.1674	-1.9737	-2.3001	-4.27383
150	-.1864	-.1302	-2.1958	-1.7892	-3.98499
160	-.1936	-.0891	-2.3670	-1.2239	-3.59091
170	-.1979	-.0452	-2.4751	-.6214	-3.09645
180	-.1994	.0000	-2.5120	.0000	-2.51200

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam:22:09:44.60

LAMPIRAN III.6

GAYA HORIZONTAL PADA PIPA TEGAK AKIBAT KERJA ARUS DAN GELOMBANG SECARA SIMULTAN PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 06

TINGGI GELOMBANG (M)= 0.1
 PERIODE GELOMBANG (SEC.)= 2.5
 ANGKA GELOMBANG (/M).....= 0.7404
 VISCOSITAS KINEMATIS (M²/S)= 0.000001
 MASSA JENIS AIR (KG/M³.)....= 1000
 KECEPATAN TARIK (M/S)= 0.10381284
 DIAMETER PIPA (M)= 0.09
 KEDALAMAN KOLAM UJI (M)= 1.83
 BATAS ATAS PIPA= 1.63
 BATAS BAWAH PIPA= 0.55

 PERIODE ENCOUNTER (S).....= 2.44
 KEC. RATA MAKSIMUM (M/S)= .190244
 ANGKA REYNOLDS= 17121.9
 ANGKA KARPENTER= 5.15
 KOEFISIEN DRAG= 1.3
 KOEFISIEN INERSIA= 2.0
 BATAS ATAS SUDUT= 180
 BATAS BAWAH SUDUT= 0
 SELANG SUDUT PEMERIKSAAN ...= 10

SLOPE DER	URSIM M/S	UDOT M/S**2	FD N	FI N	FT N
0	-.0054	.0000	-.0019	.0000	-.00186
10	-.0069	-.0441	-.0030	-.6057	-.60874
20	-.0114	-.0868	-.0082	-1.1930	-1.20117
30	-.0186	-.1269	-.0219	-1.7441	-1.76595
40	-.0284	-.1632	-.0511	-2.2421	-2.29325
50	-.0406	-.1945	-.1040	-2.6721	-2.77607
60	-.0546	-.2198	-.1885	-3.0208	-3.20930
70	-.0702	-.2385	-.3110	-3.2778	-3.58880
80	-.0867	-.2500	-.4752	-3.4351	-3.91037
90	-.1038	-.2538	-.6809	-3.4881	-4.16903
100	-.1209	-.2500	-.9234	-3.4351	-4.35858
110	-.1375	-.2385	-1.1938	-3.2778	-4.47161
120	-.1530	-.2198	-1.4791	-3.0208	-4.49988
130	-.1671	-.1945	-1.7631	-2.6721	-4.43520
140	-.1792	-.1632	-2.0284	-2.2421	-4.27054
150	-.1890	-.1269	-2.2572	-1.7441	-4.00130
160	-.1963	-.0868	-2.4337	-1.1930	-3.62666
170	-.2007	-.0441	-2.5450	-.6057	-3.15068
180	-.2022	.0000	-2.5830	.0000	-2.58302

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam:22:14:29.61

LAMPIRAN III.7

B>SQUARE

PENYELESAIAN METODE LEAST SQUARE DERAJAD DUA PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

=====

RUN KE = 61

DATA INPUT :

* UNTUK TINGGI GELOMBANG = 0.10

* MODE PERBANDINGAN KE = 1

* JUMLAH PASANGAN BILANGAN = 6

T = 2.0

F = 4.427

T = 2.1

F = 4.058

T = 2.2

F = 4.287

T = 2.3

F = 3.954

T = 2.4

F = 4.114

T = 2.5

F = 3.865

DATA OUT-PUT :

* PERSAMAAN HASIL, $F = C1 + C2.T + C3.T**2$, DAN

C1 = -.001

C2 = 4.524

C3 = -1.190

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam: 8:16:21.70

LAMPIRAN III.8

B>SQUARE

PENYELESAIAN METHODE LEAST SQUARE DERAJAD DUA

PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 62

DATA INPUT :

* UNTUN TINGGI GELOMBANG = 0.10

* MODE PERBANDINGAN KE = 2

* JUMLAH PASANGAN BILANGAN = 6

T = 2.0

F = 4.215

T = 2.1

F = 3.641

T = 2.2

F = 3.839

T = 2.3

F = 3.474

T = 2.4

F = 3.300

T = 2.5

F = 3.800

DATA OUT-PUT :

* PERSAMAAN HASIL, $F = C1 + C2.T + C3.T**2$, DAN

C1 = -.002

C2 = 4.242

C3 = -1.145

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam: 8:13:38.46

B>

FTK-its, jam: 8:13:39.17

PENYELESAIAN METODE LEAST SQUARE DERAJAD DUA

PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

=====

RUN KE = 63

DATA INPUT :

* UNTUK TINGGI GELOMBANG = 0.10

* MODE PERBANDINGAN KE = 3

* JUMLAH PASANGAN BILANGAN = 6

T = 2.0

F = 4.906

T = 2.1

F = 4.512

T = 2.2

F = 4.769

T = 2.3

F = 4.368

T = 2.4

F = 4.539

T = 2.5

F = 4.499

DATA OUT-PUT :

* PERSAMAAN HASIL, $F = C1 + C2.T + C3.T**2$ DAN

C1 = -.001

C2 = 4.756

C3 = -1.199

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam: 8:10:13.59

LAMPIRAN III.10

PENYELESAIAN METHODE LEAST SQUARE DERAJAD DUA

PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN, FTK-ITS

RUN KE = 64

DATA INPUT :

* UNTUK TINGGI GELOMBANG = 0.10

* MODE PERBANDINGAN KE = 4

* JUMLAH PASANGAN BILANGAN = 6

T = 2.0

F = 4.995

T = 2.1

F = 4.443

T = 2.2

F = 4.717

T = 2.3

F = 4.340

T = 2.4

F = 4.449

T = 2.5

F = 4.381

DATA OUT-PUT :

* PERSAMAAN HASIL, $F = C1 + C2.T + C3.T**2$,DAN

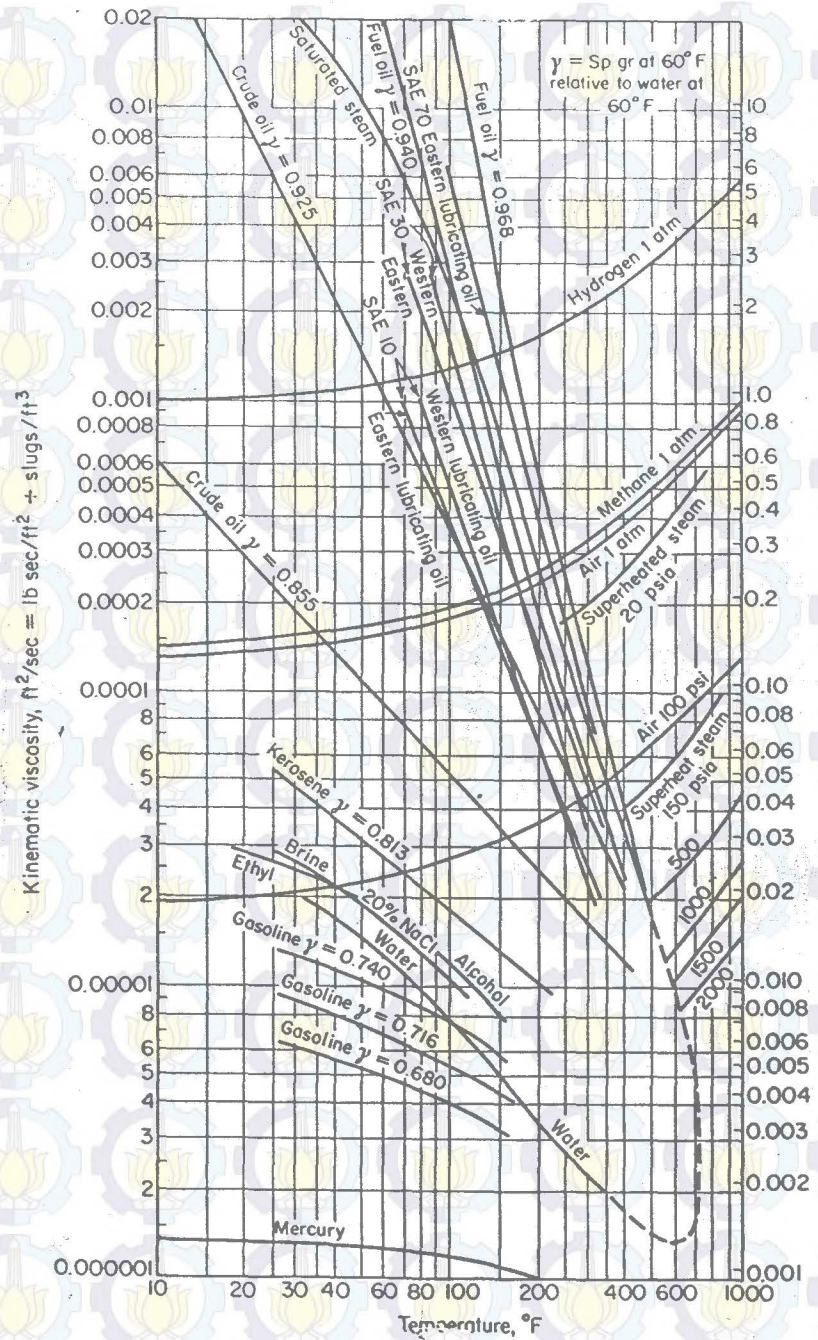
C1 = -.001

C2 = 5.020

C3 = -1.324

Stop - Program terminated.

FTK-its, jam: 8:07:12.77



TABEL ANGKA KENTRALAN KINEMATIS



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN

LAMPIRAN D.1

TUGAS - AKHIR.

No. : 01/PM2.7.5/M/87
MATA KULIAH : TUGAS AKHIR ... I (satu)
NOMOR MATA KULIAH : TL. 1701
NAMA MAHASISWA : SUCENG RIYONO
NOMOR POKOK : 403 430 0023
TANGGAL DIBERIKAN TUGAS : 23 - 2 - 87
TANGGAL SELESAI TUGAS : 20 - 6 - 87
DOSEN PEMBIMBING : IR. ARIF SURONO
.....

TEMA/URAIAN/DATA-DATA YANG DIBERIKAN :

JUDUL : SEBUAH PENELITIAN LABORATORIUM DAN PERBANDINGAN TEORI TENTANG
BERBERAPA CARA PERHITUNGAN GAYA HORIZONTAL TERHADAP PIPA TEGAK
OLEH PENGARUH ARUS DAN GELOMBANG.

SURABAYA, 24 pebruari 1987

DIBUAT RANGKAP 4 :

- ① Mahasiswa ybs.
2. Dekan mohon dibuatka SK
3. Dosen Pembimbing.
4. Arsip Kujur.



FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
PROGRAM STUDI TEKNIK LAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN ITS
NIP. 230 238 778